

Apresentação	Dedicatória e Agradecimentos	Resumo	Abstract	Lista de Figuras
------------------------------	--	------------------------	--------------------------	----------------------------------



Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

APRESENTAÇÃO

Salvador Ávila Filho, é Engenheiro Químico formado pela UFBA - Universidade Federal da Bahia, 1987. Especialização em Processamento Petroquímico pela PETROBRÁS, 1988, Engenheiro da Qualidade pela ASQ, EUA e Consultor Organizacional pela UCSal. Trabalhou 10 anos em indústrias do Pólo Petroquímico de Camaçari. Possui 10 trabalhos publicados em revistas e congressos e atualmente desempenha atividades na indústria em Geral pela Processu – Consultoria e Treinamento.

Luiz Antônio Pereira dos Santos, é Engenheiro Químico formado pela UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, 1984. Especialização em Administração de empresas pela UFBA - Universidade Federal da Bahia, 1997. Experiência em projeto de destilarias de álcool, 4 anos. Desempenhou atividades em empresa petroquímica, nas áreas de projeto, planejamento e controle de produção, Meio Ambiente e Segurança de Processo por 12 anos. Engenheiro de absorção de tecnologia nos escritórios da LUMMUS Crest, USA, por 1 ano. Atualmente é chefe de Segurança de Processo e Meio Ambiente na Bayer Polímeros S.A.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS

Dedicamos este trabalho às nossas famílias por nos estimularem a enfrentar os desafios do cotidiano e por terem compreendido e suportado nossas ausências.

Agradecemos aos profissionais e às empresas que entrevistamos, pela atenção e qualidade das informações que serviram de base para a execução desta pesquisa.

Agradecemos às organizações em que trabalhamos, por viabilizarem a realização deste curso e por nos possibilitarem aprimorar conhecimentos.

Agradecemos aos amigos da Turma do curso de Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria, o privilégio de dividirem conosco suas experiências durante o processo de aprendizagem.

Agradecemos ao Núcleo de Serviços Tecnológicos, aos professores e especialmente ao orientador, Dr. Luiz Pontes, por suas valiosas contribuições que muito contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

RESUMO

Esta monografia tem como objetivo básico apresentar as rotinas operacionais, comuns à maioria das indústrias químicas e petroquímicas, com maior potencial de impacto ambiental. É objetivo, também, apresentar uma metodologia para otimização dessas rotinas, de modo a torná-las mais limpas e ecologicamente seguras. Como instrumento de coleta de informação, foi utilizado um questionário que, submetido a técnicos de operação de processo de várias indústrias, forneceu subsídios para identificar e priorizar essas rotinas. Após identificação e classificação das rotinas mais impactantes, com base na técnica ENVOP, análise de risco ambiental, identificou-se os procedimentos operacionais, suas possíveis falhas e em seguida foram feitas sugestões de melhoria. A revisão da literatura mostra que pouco se trabalha na otimização de procedimentos operacionais, a fim de prevenir a poluição, otimizar o processo e o uso de tecnologias limpas para os casos de projetos novos. Os resultados da pesquisa mostram que operações consideradas simples e rotineiras possuem elevado potencial de melhoria que precisa ser explorado. Este trabalho apresenta informações de grande utilidade para profissionais da área de gerenciamento da produção de unidades industriais, para os grupos de gerenciamento ambiental e especialmente para operadores de processo.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

ABSTRACT

The main objective of this monograph is to present the operating procedures, which are common in the majority of the chemical and petrochemical, that possess the greatest potential for environmental impact.

Another objective is to present a methodology for the optimization of these procedures, in order to make them cleaner and environmentally safe.

A questionnaire submitted to operation technicians of several industries was used to gather the information and prioritize these operation procedures. Based on the ENVOP technique, an environment risk analysis, procedures that causes the greatest impacts upon failure have been identified and classified. Next, recommendations were made in order to improve these procedures. A literature review shows that little work is done on the optimization of operation procedures, even though this is the key to pollution prevention, process optimization and to the use of cleaner technologies in new projects. The results of the survey shows that, even simple routine operations, have a great potential for improvement that needs to be explored. The present work provides a series of very useful information to professionals in the industrial production management field, to environment management groups and especially to process operators.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 Carcaça de bomba

Figura 02 Rotor de bomba – aberto e semi-aberto

Figura 03 Rotor de bomba - fechado

Figura 04 Caixa de gaxeta

Figura 05 Selagem de eixo

Figura 06 Mancais

Figura 07 Válvula de bloqueio

Figura 08 Curva de troca térmica

Figura 09 Fluxo no casco e no feixe

Figura 10 Curva geral – rotinas na operação

Figura 11 Curva – rotinas na operação – Empresa 1

Figura 12 Curva – rotinas na operação – Empresa 2

Figura 13 Curva – rotinas na operação – Empresa 3

Figura 14 Curva – rotinas na operação – Empresa 4

Figura 15 Curva – rotinas na operação – Empresa 5

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

1. INTRODUÇÃO

Não restam dúvidas de que se cada um dos quase 6 bilhões de seres humanos que habitam o planeta Terra não fizer a sua parte, ou seja, preocupar-se em preservar o que é de todos, as próximas gerações poucas oportunidades terão para usufruir dos mesmos prazeres que o planeta azul oferece às gerações de hoje.

As questões ambientais atravessaram todas as fronteiras do planeta e muitos já se aperceberam do problema. Não há sentido, pois, cada um cuidar do seu próprio quintal. A ação da poluição voa, navega e flui por entre as rochas, implacavelmente, e não respeita limites territoriais, diferenças culturais, econômicas ou religiosas.

Medidas mitigadoras são tomadas para forçar a consciência mundial, limitações comerciais, como a criação

de "selos verdes", certificados de qualidade e códigos de conduta são implantados a fim de favorecer aqueles que já caminham no sentido de minimizar os impactos ambientais negativos.

A reação da natureza pode ser sentida mediante a aparição do buraco na camada de ozônio, no efeito estufa, nas chuvas ácidas, nos fenômenos do "el niño", e "el niña", no degelo das geleiras glaciais, nas mudanças climáticas inesperadas e em outros efeitos não menos catastróficos.

São os desmatamentos das reservas florestais, de dimensões continentais, as emissões dos gases poluentes por automóveis e indústrias, os grandes derrames de cargas químicas sólidas e líquidas nos rios, mares e solo, a criação dos grandes lagos, para operação das usinas hidroelétricas, os vilões dessa história trágica. Os efeitos já se fazem presentes, não importa onde se esteja. Dificilmente algum alimento é digerido na sua forma mais pura. De uma forma ou de outra os alimentos já tiveram algum contato com as facilidades artificiais e químicas criadas pelas necessidades da humanidade, e sem o menor esforço entram na cadeia alimentar.

Parece trágico? Sim, poderia ser, se já não tivessem sido iniciados os grandes movimentos contra essa marcha. Movimentos patrocinados por órgãos governamentais, não-governamentais, por universidades, por escolas que já inculcindo nas crianças os conceitos de ecologia e da necessidade de preservação, por empresários conscientes e, principalmente, pela sociedade como um todo que exige seu direito a uma vida saudável.

Como parte desse contexto, aparece a ação de cada operador dentro de uma indústria. Por ser o condutor de grandes cargas de material modificado por tecnologias e por manipular elevados gradientes de temperatura e pressão, grandes são os efeitos que seus atos podem provocar. Fundamental é sua participação para minimizar e conter os efeitos negativos que o progresso pode provocar no ambiente. As empresas dependem muito da rotina operacional do operador a fim de garantir uma imagem limpa, a imagem que prove que ela está ao lado da humanidade na preservação da vida.

Não há como parar o avanço das indústrias, e este jamais deve ser interrompido. Sua forma é que deve ser mudada. O desenvolvimento precisa ser "sustentável" e com tecnologias cada vez mais limpas. As novas gerações exigem a garantia de seus direitos, principalmente seu direito de continuar a vida, e legar aos seus descendentes as cores, os sabores, os sons e os odores na forma original que foram criados.

1.1 Justificativa

1.2 Objetivos

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

1. INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

O papel do operador em indústrias químicas define o resultado da empresa. O conhecimento exato dos riscos ambientais de cada rotina facilita o controle das operações e do processo da planta.

Manter as rotinas limpas nas operações da indústria é uma atividade que auxilia na "estabilização do processo" e envolve toda a equipe de operação em mudanças de padrão e de procedimentos. O compromisso com o meio ambiente, enquanto política da empresa, deve ser implementado no "chão da fábrica" e defendido pela alta administração da empresa.

Se fosse possível estimar qual é o impacto, no meio ambiente, das operações de rotina, ter-se-ia uma surpresa boa, mas não agradável: o controle sobre a emissão de poluentes depende principalmente do homem que opera a planta industrial, e a emissão de poluentes de qualquer tipo, em qualquer estado, é maior do que o catalogado na literatura.

Sabe-se que:

- os vários programas de controle ambiental enfrentam dificuldades de avançar para o "chão de fábrica";
- boa parte das emissões de poluentes não é contabilizada, comunicada ou mensurada adequadamente. Isso faz com que se subestime as quantidades perdidas para o meio ambiente;
- as perdas não acompanhadas por monitoramento contínuo ocorrem com maior frequência à noite e nos finais de semana;
- existem falhas nas comunicações da operação no turno para o controle das operações no administrativo. Se a política e o tratamento do recurso humano na empresa não for adequado, ter-se-á informação não confiável ou omissão em várias situações;
- parte das investigações de incidentes operacionais são superficiais e não representam exatamente o ocorrido.

Este trabalho envolve diretamente o operador que precisa ser informado e treinado sobre as questões de processo, exigências ambientais, novos padrões de operação, custos de produção e tecnologias mais limpas.

Modificações de processos e equipamentos podem ser feitas, mas são as pessoas que operam os equipamentos e que "rodam" os processos (Kobylinsky & Hunter, 1992). Os mesmos autores ainda afirmam que treinamento e educação de operadores é a parte crítica de qualquer projeto de prevenção de poluição. Sugerem eles que ao ser iniciado um projeto de prevenção de poluição, reúna-se o grupo para explicar os objetivos do projeto. Esclarecem ainda que quanto mais esses profissionais entenderem de prevenção de poluição, mais cooperação será contabilizada. Todos os empregados concordam que essa é a parte crítica para qualquer solução; e sem um bom programa de treinamento, nem sempre os operadores reconhecerão os impactos ambientais de produtos químicos que caem no sistema de efluente.

O resultado da adoção de novos padrões ambientalmente corretos, na operação, será sentido mediante a diminuição de perdas para o meio ambiente e da diminuição de falhas do processo como um todo. Ao abraçar esse ideal, o operador vai avaliar os riscos ambientais antes de efetuar os procedimentos de rotina ou procedimentos inéditos. Toda a equipe terá conhecimento dos principais cenários de impactos ambientais provocados por atividades na operação. No turno sempre haverá pessoal treinado para calcular e avaliar os custos decorrentes de ações incorretas na produção tanto em termos de material perdido quanto em relação à imagem da empresa.

O novo padrão, ao ser adotado pela equipe de operação, trará também, como benefício, comunicações mais confiáveis entre o pessoal do turno (execução) e o do administrativo (técnico / gerencial).

O objetivo do trabalho pode ser resumido na seguinte pergunta: *Que rotinas podem ser introduzidas ou modificadas nas operações industriais, de modo a tornar estas operações mais limpas e eliminar os seus impactos negativos ao meio ambiente?*

Esta monografia faz parte de um programa amplo de estabilização de processo na produção. Dentro desse programa, inclui-se a metodologia de rotinas limpas, dividida nas etapas de levantamento de dados, análise de risco, planejamento das ações, treinamento e implantação, medição de resultados e tratamento das interfaces.

Para o cumprimento dos requisitos desta monografia, serão abordados apenas os tópicos referentes ao levantamento de dados, análise de risco e planejamento das ações; as outras etapas ficam para um trabalho posterior.

Nas etapas de levantamento de dados, análise de risco e planejamento das ações foram pesquisados os procedimentos críticos na rotina da operação. Em conjunto com os técnicos de operação das unidades escolhidas, foram avaliadas quais as melhores opções para minimizar o impacto no meio ambiente.

Na etapa de treinamento e implantação, a meta é preparar um programa de treinamento e um programa de acompanhamento da mudança de padrões na operação.

A medição de resultados é feita por acompanhamento das atividades na operação. Nessa etapa pretende-se responder aos seguintes questionamentos:

As mudanças de padrões são efetivas?

Os índices de perdas têm melhorado?

A alta administração continua apoiando o programa?

Como está a performance da qualidade do produto final e os custos da produção?

Para finalizar, no tratamento das interfaces é feita a avaliação da imagem da empresa, e os serviços de apoio devem se adequar às novas necessidades da operação para possibilitar a manutenção de rotinas mais limpas na produção. A avaliação da empresa depende da visão da comunidade interna e externa quanto ao comportamento da empresa ao adotar novos padrões ambientalmente corretos.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

1. INTRODUÇÃO

1.2 Objetivos

O objetivo desta pesquisa é apresentar uma metodologia e, por meio desta, permitir que profissionais envolvidos com a produção possam otimizar as rotinas operacionais de determinada indústria.

A pretensão também é de avaliar o distanciamento entre a forma que as rotinas operacionais são normalmente realizadas e as formas mais recomendadas. Para tal é necessário determinar por entrevistas / reuniões com os supervisores de produção, líderes de turno e operadores, como os vários trabalhos de processo geram efluentes e como os resíduos são descartados. Urge também que se faça um levantamento das diferentes maneiras de se executar um mesmo trabalho, uma vez que dentro de uma indústria, a execução de determinada tarefa é realizada de formas diferentes, quando se muda de um turno para outro, turno de operadores.

Segundo Kobylinsky & Hunter (1992), embora, normalmente, a segurança e a qualidade de produtos é que definem esses procedimentos, algumas vezes, por comodidade, essas operações são feitas da maneira mais fácil possível e nem sempre ambientalmente corretas.

As questões operacionais para o atendimento dos objetivos propostos são:

1. quais as rotinas mais importantes nas operações da indústria química que podem impactar o meio ambiente?
2. quais os cenários apresentados por rotinas operacionais mais impactantes no meio ambiente?
3. quais as atitudes e as técnicas adequadas para evitar que as operações de rotina mais impactantes, da indústria química, afetem o meio ambiente, ou seja, como transformar essas rotinas em "Rotinas

Limpas"?

4. quais as recomendações gerenciais e técnicas que tornam possível a mudança de atitude da equipe de operação quanto às questões ambientais nos procedimentos de rotina?

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

2. PRODUZINDO COM ROTINAS OPERACIONAIS LIMPAS

Até há muito pouco tempo, operar uma planta significava produzir o máximo com o mínimo de matéria prima possível. No entanto, com a presença da concorrência, as crises econômicas e a conscientização de que os recursos naturais são finitos e muito sensíveis às ações dos homens, foi-se percebendo que maior cuidado deveria ser dispensado à operação para garantir não apenas bom rendimento, mas também garantir que fatores humanos e ambientais, fossem pouco afetados com a presença da indústria. Esses fatores possuem relação direta com a imagem da empresa e, conseqüentemente, com a aceitação dos produtos da empresa pelo público consumidor.

Afetar pouco os fatores humanos e ambientais significa ter um processo estabilizado mediante tomada de ações na operação em que os itens de controle da indústria possuam comportamento dentro de um padrão pré-estabelecido ou previsível. Conforme já mencionado, esta monografia é parte de um programa amplo de estabilização de processos (ESTAB) na produção. As principais características desse programa são investigações de processos baseadas em dados de ocorrência no turno, acompanhamento estatístico do processo, trabalho motivacional na equipe de produção, testes em operação normal e mudança de procedimentos não-adequados, aspectos gerenciais no planejamento da equipe de operação, e adequação de sistemas, equipamentos e instrumentos. Aqui, especificamente tratou-se de mudança de procedimentos não-adequados na rotina da operação.

A preocupação nesse método é centralizar as ações na operação da fábrica e buscar, em conjunto com a equipe, resultados garantidos e cada vez maiores. Ele envolve diretamente o operador que precisa ser informado e treinado sobre as questões de processo, exigências ambientais, custos de produção e tecnologias mais limpas. A maioria dos eventos que causam impacto nocivo no meio ambiente são originados de ações mal planejadas na rotina da operação.

Com as tecnologias atuais, é utópico querer que uma atividade industrial não impacte o meio ambiente. O simples fato de construir algo em determinada região, por si já está causando certo impacto. Na verdade, o que se tenta fazer é diminuir a carga poluente e minimizar a formação de resíduos em qualquer estado físico.

Segundo Robin Smith (1991), uma vez criado o resíduo não se pode mais destruí-lo. Pode-se aumentar sua concentração, mudar sua forma física ou química, mas não se pode destruí-lo. A melhor solução para todo o problema é evitar a produção. Dessa forma, gera-se benefícios tanto na redução de custos no tratamento de efluentes quanto na redução de custos com a matéria prima.

Pode-se dividir uma indústria química, segundo Smith (1991), em duas grandes fontes de resíduo e identificados como: resíduo de processo e resíduo de utilidade. O resíduo de processo estaria se formando na fase de reação e nas fases de separação e reciclo, enquanto que os resíduos de utilidade estariam se formando nas redes de trocas térmicas e nas unidades geradoras das utilidades propriamente dita, como água, vapor, ar comprimido etc. Smith sintetizou esse processo de produção de resíduo, em seu diagrama conhecido como Diagrama da Cebola. No diagrama, as duas camadas internas da cebola - a reação e o sistema separação/reciclo - produzem resíduo de processo definido como resíduo de subproduto e de corrente de purga. A última camada da "cebola" - o sistema de utilidade - produz resíduo de utilidade. Resíduo de utilidade é o gás de chaminé e as cinzas da chaminé de combustão; resíduo de tratamento de água de alimentação de evaporadores, *blowdown* - descarte - de evaporadores etc. Evidente que o projeto do sistema de utilidade está amarrado ao projeto de rede de trocadores de calor. Na prática, contudo, deve-se considerar as duas camadas exteriores como sendo a fonte de resíduo de utilidade.

Para Smith (1991), existem três fontes de resíduo de processo: reatores, separadores, sistemas de reciclo e operações de processo.

Primeiro, os reatores, mesmo sob condições normais de processo, produzem resíduos de várias maneiras. Muitas vezes não é possível reciclar material da alimentação que não reagiu para a entrada do reator, depois a baixa conversão irá levar ao descarte da alimentação que não reagiu. Segundo, o resíduo é produzido por meio da formação de resíduo de subproduto, gerado por reação primária ou por reações secundárias.

Resíduos também são produzidos quando impurezas da alimentação passam pela reação e quando o catalisador é degradado ou é perdido e precisa ser repostado.

Sistemas de separação e de reciclo produzem resíduos mediante a recuperação e o reciclo imperfeito dos materiais valiosos das correntes de resíduo.

A terceira fonte de resíduo de processo pode ser classificada sob a categoria geral de operações de processo, partida e parada de processos contínuos, troca de produto, interrupção do equipamento para manutenção e enchimento do tanque, que sempre produz resíduos.

A principal fonte de resíduo de utilidade está associada às utilidades quentes (incluindo sistemas de co-geração) e às utilidades frias. Os fornos, evaporadores de vapor, turbinas a gás e máquinas a diesel produzem resíduos, como produtos da combustão gasosa. Estes contribuem de várias maneiras para o efeito estufa e chuva ácida. Além disso representam perigo direto para a saúde, se formarem névoa.

Semelhante ao resíduo gasoso, a geração de vapor produz resíduo líquido por meio do tratamento da alimentação de água do evaporador e do *blowdown*, descarte, do evaporador. Os sistemas de recirculação da água de resfriamento, usados em muitos processos químicos, também formam resíduo aquoso por *blowdown* da torre de resfriamento.

Obviamente, as correntes de resíduos criadas por sistemas de utilidades tendem, no total, a ser menos prejudicial ao meio ambiente do que o resíduo de processo. Contudo, não é possível ser complacente. Resíduo, pelo seu próprio nome, deve ser sempre evitado. Quando for desejado, não será mais resíduo e sim um produto final.

Mas o que é resíduo? Segundo Nelson (1990), resíduos são todas as correntes ou materiais venteados para o ar, descartados para a água, enviados para o aterro, enviados para incinerador, enviados para o *flare* ou para plantas de tratamento biológico.

Existem vários incentivos para que as indústrias reduzam as quantidades de efluente líquido gerado. A pressão da legislação é intensa e cada vez maior. Ao estabelecer um programa de prevenção de poluição, benefícios de processo e benefícios econômicos podem ser alcançados, além do atendimento às exigências ambientais.

Se a empresa descarrega o efluente líquido em sistema público, ela paga taxa adicional sobre o esgoto. Essa taxa é baseada em vários fatores, tais como: tipos de resíduos presentes no efluente, e os métodos utilizados para tratar o efluente. A diminuição do volume de efluentes líquidos ou das quantidades de contaminantes neste provocará a queda nos valores dessa sobretaxa.

Segundo Kobylinski e Hunter (1992), quantidades reduzidas de poluição dos processos de produção podem ser subprodutos de otimização do processo. Normalmente, processos eficientes usarão menos matéria prima e funcionarão com eficiência e custos de operação menores. Em vários casos, processos otimizados geram menos resíduos para economizar nos custos de tratamento. Os projetos de prevenção de poluição, segundo esses autores, não são diferentes dos projetos de engenharia. Para reduzir a poluição pelo efluente líquido, deve-se definir os tipos de poluentes descartados dentro do efluente líquido da planta e onde se localizam suas fontes, daí então, estudar maneiras de reduzir ou eliminar esses poluentes. Os processos de produção podem ser otimizados, pois utilizam o mínimo de matéria prima. Considere o caso em que matérias primas não reagidas de um processo podem ser lançadas no efluente líquido. Esse material é estoque perdido e passa a ser um poluente potencial.

As perdas de matéria prima tomam várias formas, por isso é preciso aprender identificá-las. As perdas de processos em batelada são normalmente descarregadas para esgoto em vez de serem reprocessadas. Transbordo de tanques podem ocorrer e são dirigidos para o sistema de efluente orgânico. Vazamento em selos e bombas podem também contribuir para as perdas de matéria prima e contaminação de efluentes.

Apesar de essas perdas serem tipicamente de materiais puros - portanto concentrados -, pequenos vazamentos podem ter grande efeito sobre o tratamento à jusante.

Outro item é considerado por Kobylinski e Hunter (1992): quando o material virgem é descarregado, o produto final não é produzido e, conseqüentemente, não gera receita. Finalmente, matéria prima perdida provocará gastos adicionais à produção nas seguintes formas: sobretaxa de efluente líquido, custos de operação de sistemas de tratamento, instalações para o tratamento, eletricidade, produtos químicos e disposição de produtos perigosos. A partir do reconhecimento dessas perdas e das ações corretivas, é que se começa um plano de prevenção de poluição e que auxilia a empresa a controlar com precisão o inventário de matéria prima.

Existem várias oportunidades para a redução de perdas na indústria, mas a prática de implementação das oportunidades depende de vários fatores. A localização de uma refinaria, por exemplo, vai determinar quais outras operações de produção haverá perto e quais materiais serão reciclados fora da planta. Os fatores climáticos, como fortes chuvas, vão influenciar diretamente na quantidade de resíduo gerado. O tipo de óleo cru processado irá definir as operações de processo requeridas. Como exemplo pode-se citar a quantidade de enxofre no óleo cru; o enxofre irá influenciar na quantidade de tratamento necessário para removê-lo dos produtos. Os tipos de produtos gerados pela refinaria poderão influenciar os tipos de processos de refino necessários para fabricar esses produtos, e a complexidade da refinaria poderá limitar as opções de reprocessos disponíveis. (Curran, 1992).

O mesmo que ocorre em uma refinaria, pode ser transporte para uma outra indústria qualquer. A localização, a matéria prima utilizada, fatores climáticos, tecnologia, qualidade da mão de obra e outros fatores irão influenciar na descoberta de oportunidades para a redução de perdas. Também os sistemas de tratamento de resíduo disponíveis irão influenciar nas opções de manuseio de resíduos.

Questão unânime para todos os autores é a seguinte: a melhor maneira de reduzir poluição é preveni-la no primeiro momento. Algumas empresas têm implementado técnicas de prevenção de poluição que melhoram a eficiência e aumentam os lucros e simultaneamente minimizam os impactos ambientais. Isso pode ser feito de várias maneiras, tais como: reduzindo entrada de materiais, revisando a engenharia de processos para reaproveitar os subprodutos, melhorando as práticas gerenciais, e substituindo produtos perigosos por inertes. Algumas plantas menores são capazes de se manter com os limites abaixo do regulamento pela redução da emissão de poluentes mediante políticas agressivas de prevenção de poluição (EPA, 1995).

As atividades de prevenção da poluição podem trazer diversos benefícios com implicação direta na redução de custos de uma empresa. Esses benefícios podem ser divididos em diretos e indiretos. Entre os benefícios diretos são encontrados:

- redução de custos de tratamento de resíduos: há sensível redução de capital e de custo de operação para plantas de tratamento de resíduos, com implicação direta na diminuição dos custos de tratamento, também nos custos de disposição fora da planta;
- redução de custos de produção em razão da melhor eficiência da planta;
- aumento da lucratividade e dos rendimentos com as vendas ou reuso de materiais que seriam tratados como resíduos;
- redução de custos com obrigações ambientais;
- redução ou eliminação de passivos ambientais, com economia tanto em área física quanto em custos administrativos;

- redução de emissões secundárias de plantas de tratamento de resíduos;
- manutenção das vendas, garantido por continuidade da produção, que não sofreria punições legais por mau desempenho ambiental

Outros benefícios, que podem ser chamados de indiretos, também são contabilizados quando se deseja avaliar o retorno de um trabalho de prevenção da poluição; entre outros destacam-se:

- redução da probabilidade de custos futuros com: remediação, ações na justiça, compromissos com os órgãos ambientais e com as futuras legislações;
- uso de compensação nas emissões (interna e externa);
- melhoria nas relações com a comunidade;
- aumento da conscientização ambiental dos empregados e gerentes da fábrica;
- redução de custos sociais;
- melhoria da saúde pública.

A prevenção de poluição pode ser realizada em qualquer estágio de desenvolvimento do processo. Em geral, mudanças feitas no estágio de pesquisa e desenvolvimento terão os maiores impactos, apesar de mudanças no projeto de processo e nas práticas operacionais também terem resultados significativos (EPA, 1995).

A tabela 1 apresenta uma série de sugestões e modificações preparadas pela agência ambiental americana (EPA, 1995), com o objetivo de criar oportunidades de prevenção da poluição. Ela relata, para cada setor específico, uma série de problemas em potencial, comuns na indústria de produtos orgânicos, ao mesmo tempo em que fornece as possíveis melhorias para cada situação.

É importante enfatizar que a prevenção de poluição na indústria química é específica para cada processo, e várias vezes restringidas por considerações do *site* específico. Também é difícil generalizar sobre os méritos relativos de diferentes estratégias de prevenção de poluição. A idade, o tamanho e o propósito da planta influenciará na escolha da estratégia mais efetiva para prevenção de poluição (EPA, 1995).

Os produtores de *commodities* não revisam seus projetos freqüentemente, ou seja, a revisão do processo e da reação ou a revisão de equipamentos não é uma atividade normal. Dessa forma, em *sites* como esses, mudanças de operação têm resposta efetiva razoável. Por outro lado, os produtores de especialidades produzem grande variedade de produtos químicos e têm mais flexibilidade de projeto e de processo. Assim, incorporar as mudanças no início da pesquisa e do desenvolvimento de um novo produto pode ser possível e razoável para esses produtores (EPA, 1995).

Tabela 1 – Oportunidades de prevenção da poluição (EPA, 1995)

SETOR	PROBLEMA POTENCIAL	MELHORIA POSSÍVEL
Subprodutos e Co-produtos	* Ineficiência de processo resultando na geração de subprodutos e co-	* Aumento de eficiência no produto para reduzir a geração de

Quantidade e Qualidade	produtos indesejados. As ineficiências solicitarão grandes quantidades de matérias primas e ainda resultam em produtos secundários adicionais. As ineficiências também podem aumentar emissões fugitivas e perdas geradas a partir do manuseio dos materiais.	subprodutos, co-produtos e para reduzir as necessidades de matéria prima.
Usos/Destinos	* Os subprodutos e co-produtos não são utilizados completamente; geram materiais ou perdas que precisam ser gerenciadas.	* Identificar usos(de quê?) e desenvolver possibilidades de vendas. Coletar as informações necessárias para firmar um compromisso de compra com um mínimo de critério de qualidade, máximo nível de impurezas que podem ser tolerados e critério de performance.
Catalisadores	* A presença de metais pesados, nos catalisadores, pode resultar em efluente líquido de processo contaminado (é o líquido ou o processo que resulta contaminado?) do manuseio e separação do catalisador (contaminado "do" ou contaminado "por"?). Essas perdas podem necessitar de um tratamento especial de procedimentos e facilidades de tratamento. Metais pesados podem ser inibidores ou tóxicos para as unidades de tratamento biológico de efluentes líquidos. A lama do tratamento de efluentes pode ser classificada em perigosa em virtude do teor de metais pesados. Os metais pesados, geralmente, exibem baixos limites de toxicidade nos meios aquáticos e podem ser bioacumulados.	* Os catalisadores do tipo metais nobres, por causa do seu custo, são reciclados tanto dentro como fora das unidades.
Composição		
Preparação e manuseio	* Emissões e efluentes gerados com a ativação ou regeneração de catalisadores. * Atrito com os catalisadores e arraste junto com os produtos requer unidades de remoção de cinzas, as quais são fontes de efluente líquido e de resíduo sólido.	* Obtenção de catalisadores na forma ativa. * Fornecer ativação in situ com unidades de ativação e de processamento adequadas. * Desenvolvimento de um suporte ou

		catalisador mais robusto.
Preparação e manuseio	* Catalisador é gasto e necessita ser repostado. * Catalisador pirofórico precisa ser mantido úmido, resultando em líquido contaminado com metais. * Curto tempo de vida do catalisador.	Regeneração "in situ" elimina emissões de carregamento ou descarregamento e efluentes vs. Regeneração e disposição fora da planta. * Uso de catalisadores não pirofóricos. Minimização da quantidade de água para manuseio e estocagem segura do catalisador. * Estudar e identificar mecanismos de desativação de catalisador a fim de evitar condições que promovam desativação química ou térmica. Com o aumento do tempo de vida do catalisador, as emissões e efluentes, associados ao manuseio do catalisador e sua regeneração, podem ser reduzidos.
Efetividade	* Reação catalisada tem formação de subprodutos, conversão incompleta e rendimento menor do que o ideal.	* Redução do consumo de catalisador com uma forma mais ativa. Alta concentração de ingredientes ativos ou uma área superficial aumentada pode reduzir as cargas de catalisador. * Uso de catalisadores mais seletivos, os quais reduzirão o rendimento de subprodutos indesejáveis. * Melhorar a mistura e o contato no reator para aumentar a efetividade do catalisador. * Desenvolver entendimento completo da reação para permitir uma otimização do projeto do reator. Incluir na otimização o consumo de catalisador e rendimento de subproduto.
Produtos intermediários	* Produtos de reação intermediária ou espécies químicas, incluindo traços de contaminantes tóxicos, podem contribuir para perdas de processo sob condições normais ou anormais. * Intermediários podem conter constituintes tóxicos ou possuir características que são prejudiciais para o meio ambiente.	* Modificar a sequência de reação para reduzir a quantidade ou mudar a composição de intermediários. * Modificar a sequência de reação para mudar as propriedades dos intermediários. * Utilizar projeto de equipamentos e de controle de processos para reduzir as liberações.
Quantidade e Qualidade		

Condições e Configuração de processo	* Altas temperaturas na troca de calor em tubos de trocadores provocam quebra e decomposição de vários produtos químicos. Esse baixo peso molecular de subprodutos é a fonte de emissões fugitivas. Pontos quentes localizados provocam o crescimento da polimerização de monômeros reativos, resultando em pesados ou "tars". Esses materiais podem sujar o trocador de calor ou "pluguear" reatores de leito fixo.	* Seleção de temperaturas de operação próxima à temperatura ambiente. * Uso de pressões de vapor mais baixas para diminuir a temperatura. * Uso de trocadores intermediários para evitar contato com paredes e tubos de fornos. * Uso de aquecimento por estágio para minimizar degradação de produtos e reações laterais não desejadas. * Uso de superaquecedor de vapor de alta pressão em lugar de forno. * Monitorar sujeira de trocador para correlacionar com condições de processo. * Uso de tecnologias de limpeza com tubos "on line" para manter limpas a superfície dos tubos a fim de aumentar a transferência de calor. * Uso contínuo de paredes "raspadas" em trocadores para serviços com fluidos viscosos. * Uso de refervedor de filme, refervedor de recirculação forçada ou tubos de alto fluxo. * Explorar oportunidades de integração de calor (uso de calor residual para pré-aquecer materiais e reduzir a quantidade de combustão solicitada). * Uso de termocompressores para atualizar as baixas pressões de vapor a fim de evitar a necessidade de fornos e vaporizadores adicionais.
Temperatura		

Pressão	* Em operação, temperaturas mais altas implicam em "entrada de calor", normalmente via combustão, na qual geram emissões. * Fontes de calor, tais como fornos e vaporizadores, são fontes de emissão de combustão. * Pressão de vapor aumenta com o aumento de temperatura. Carregamento e descarregamento, tancagem e emissões fugitivas aumentam geralmente com o aumento da pressão de vapor.	* Se possível, materiais frios antes de enviar para a estocagem. * Uso de correntes quentes de processo para reaquecer as alimentações. * Adicionar vent-condensers para recuperar vapores nos tanques de estocagem ou no processo. * Adicionar uma cúpula de carregamento com condensadores para recuperação de vapor. * Uso de temperaturas mais baixas (processamento à vácuo) * Operação de equipamentos em serviços a vácuo não é fonte de emissões fugitivas, embora os vazamentos dentro do processo requeiram controle quando o sistema é degasado.
Ambiente corrosivo	* A solubilidade da água da maioria dos produtos químicos aumenta com o aumento da temperatura. * Emissões fugitivas de equipamentos.	* Minimizar a pressão de operação. * Determinar se os gases podem ser recuperados, comprimidos e reusados ou requer controle. * Melhoria na metalurgia ou adequação do material mediante revestimento ou "linning".
Operações contínuas vs. batelada	* Vazamento potencial de selagem em virtude de pressões diferenciais. * Solubilidade de gás aumenta com pressões mais altas. * A contaminação de materiais ocorre	* Neutralizar a corrosividade de materiais em contato com o equipamento. * Uso de inibidores de corrosão. * Melhoria da metalurgia ou adequação do material mediante revestimento, "linning" ou operação em ambientes menos corrosivos.

Projeto / operação de processo	a partir de produtos corrosivos. As falhas de equipamentos resultam em "spills", vazamentos e aumento dos custos de manutenção. * Aumento de geração de resíduos graças à adição de inibidores de corrosão ou neutralização. * Gás de venteio perdido durante o enchimento da batelada. * Resíduo gerado pela limpeza ou purga de equipamentos de processo entre bateladas de produção. * Ineficiências de processo baixam os rendimentos e aumentam as emissões. * Emissões fugitivas em processos contínuos/aumento de resíduos no tempo em virtude de falhas de equipamentos por falta de manutenção entre os turnos. * Várias etapas de processamento criam resíduos e oportunidades para erros. * Materiais não reagidos (solventes, absorbantes etc.) criam resíduos. Cada produto químico (incluindo água), utilizado dentro do processo, introduz uma fonte potencial de resíduos: a composição dos resíduos gerados também tende a se tornar mais complexa.	* Equalizar as linhas de vent entre reator e tanque de estocagem. * Recuperar vapores por meio de condensadores, adsorvedores etc. * Uso de materiais com baixa viscosidade. Minimização de rugosidade dos equipamentos. * Otimização da seqüência de produção de produtos para minimizar as operações de lavagem e contaminação cruzada de bateladas subsequentes. * Seqüência de adição de insumos e de reagentes para melhorar rendimentos e diminuir as emissões. * Projetar unidades que permitam a manutenção rápida para evitar falha de equipamentos e resultar em liberação de produtos para atmosfera. * Mantenha o processo simples. Tenha certeza de que todas as operações são necessárias. Mais operações e processos mais complexos somente tendem a aumentar a emissão potencial e as fontes de resíduos. * Avaliação das operações unitárias ou tecnologias (ex.: separação) que não requerem a adição de solventes ou outros produtos químicos. * Operações de reciclo geralmente melhoram o uso de matérias primas e de produtos químicos. Assim, ambos aumentam o rendimento de produtos desejados ao mesmo tempo em que reduzem a geração de resíduos. Uma situação é operar com baixa conversão por ciclo de reação pela redução do consumo de catalisadores, temperatura ou tempo de residência. Algumas vezes, isso pode resultar em alta seletividade para produtos desejados. O efeito
--------------------------------------	--	---

	* Alta conversão com baixo rendimento resulta em resíduos. * Sistemas de tratamento não regenerativos resultam em aumento de resíduos vs sistemas regenerativos.	cumulativo sobre o reciclo de reagentes não reagidos, ao mesmo tempo em que reduz as quantidades de catalisador gasto e menos subprodutos desejados. * Tratamento de leitos fixos regenerativos ou operação de dissecação (ex.: óxido de alumínio, sílica, carvão ativado, peneira molecular etc.) gerará menos quantidades de resíduos sólidos ou líquidos do que unidades não regenerativas (ex.: cloreto de cálcio ou argila ativada). Embora com unidades regenerativas, as emissões durante regeneração e ativação de leitos podem ser significativas. Mais ainda, reações laterais durante a ativação/regeneração podem trazer aumento de poluentes problemáticos.
Produto Química do processo Formulação do Produto	* P&D insuficiente quanto a alternativas de reação. Perde oportunidades de redução de resíduos ou eliminação de produtos perigosos. * Produto baseado na performance de uso final pode ter impactos ambientais indesejáveis, uso de matérias primas ou componentes que geram excesso de resíduos ou resíduos perigosos.	* P&D durante a concepção de processo e estudos de laboratório poderiam investigar completamente alternativas de processo na química, de processo que afeta a prevenção de poluição. * Reformular produtos pela substituição de materiais diferentes ou usando uma mistura de produtos químicos individuais que encontram especificações apropriadas na performance do produto final.
Matéria Prima Pureza Pressão de vapor	Impurezas podem produzir subprodutos não desejados e resíduos. Impurezas tóxicas, mesmo em quantidades mínimas podem produzir um resíduo perigoso e estar sujeito às leis ambientais (restrições e custos). * Impurezas em excesso podem exigir mais equipamentos e processamento para adequar suas especificações, aumentando custos e ser fonte potencial para emissões fugitivas, vazamentos e spills.	* Uso de materiais com alta pureza. * Materiais purificados antes do uso e reuso, se praticado. * Uso de inibidores para prevenir reações secundárias. * Alcançar balanço entre pureza de alimentação, etapas do processo, qualidade do produto e geração de resíduos.

Solubilidade em água	* Especificando um grau de pureza maior do que o necessário aumenta os custos e pode resultar em mais geração de resíduos pelo fornecedor. * Impurezas no ar limpo podem aumentar a purga de inertes. * Impurezas podem envenenar o catalisador prematuramente e como resultado aumentar os resíduos por causa da perda de rendimento e reposição mais freqüente de catalisadores. * Elevada pressão de vapor aumenta as emissões fugitivas no manuseio e estocagem de materiais. * Alta pressão de vapor com materiais no limite mínimo de odor podem provocar problemas de odor não agradáveis.	* Especificar uma pureza não maior do que a que o processo necessita. * Uso de oxigênio puro. * Instalar guard-beds para proteger os catalisadores.
Toxicidade	* Materiais tóxicos e não biodegradáveis, solúveis em água, podem afetar operações de tratamento de efluente líquido, eficiência e custo. * Solubilidade mais altas podem ter aumento potencial da superfície e contaminação da água subterrânea, assim como pode necessitar de mais cuidado para a prevenção de spill, contenção e planos de limpeza.	* Uso de materiais com baixa pressão de vapor e altos limites de odor. * Uso de materiais menos tóxicos e mais biodegradáveis.
Normas / Regulamentos	* Solubilidade mai alta pode aumentar potencialmente o risco de contaminação das águas em áreas abertas em razão das chuvas torrenciais. * O processo de efluente líquido, associado à lavagem com água ou separação entre fases de hidrocarbonetos / água será impactado pela contenção da solubilidade na água. Tratamentos apropriados do efluente líquido serão impactados.	* Uso de materiais menos solúveis. * Prevenir o contato direto com água

Formas de suprimento	* Preocupação com segurança e saúde da comunidade e do trabalhador resultantes de emissões rotineiras e não rotineiras. Fontes de emissão incluem vents, vazamento de equipamentos, emissões de efluente líquido, válvulas de alívio, de pressão etc..	- de cnuva por diques ou areas cobertas. * Minimizar o uso de água. * Reuso de água de lavagem. * Determinar as condições ótimas de processo para separação de fases.
Manuseio e estocagem	* Oscilações ou níveis mais altos do que o normal, de materiais tóxicos, podem impactar ou provocar perdas nos sistemas de tratamento biológico e resultar em finos ou possíveis toxidade na água que entra. * Materiais perigosos ou tóxicos são regulamentados. Eles podem necessitar de maior controle e monitoramento; aumento no lançamento de novas conformidades e trabalhos com papel para permitir guarda de registro; controle de restrito para manuseio, embarque e disposição; custos mais altos de amostragem e de análise, custos elevados em saúde e segurança. * Containers menores aumentam a frequência de embarque, isso aumentará as chances de perdas de material e de resíduos dos containers de embarque (incluindo águas de lavagem) * Containers não retornáveis podem aumentar a quantidade de resíduos. * O Estado físico (sólido, líquido ou gasoso) pode levantar fatores únicos de aspectos ambientais, de saúde e de segurança com operações de desembarque e transferência para os equipamentos de processo. * Grandes inventários podem levar a spills, questões inerentes à segurança e perda de validade do material.	* Avaliar tecnologias alternativas de separação (coalescedor, membranas, destilação etc.). * Uso de matérias menos tóxicas. * Redução na exposição por meio de projetos de equipamentos e controle de processo. * Considerar o efeito dos produtos químicos no tratamento biológico; fornecer unidades de pré-tratamento ou diversificação de capacidade para remover a toxicidade. * Instalar um sistema anti-surge para evitar oscilações na concentração e na vazão. * Uso de materiais que são menos tóxicos ou perigosos. * Uso de projetos de processo e de equipamentos melhores para minimizar ou controlar perdas. Em alguns casos, critérios apresentados por lei isentará um sistema de permissão e outros requisitos legais. * Uso de suprimento por volume, embarque por linha, uso de tambores ou sacos do tipo "jumbo". * Em alguns casos os produtos podem ser embarcados de volta nos mesmos containers do material de suprimento sem necessitar lavagem. * Uso de containers ou tambores de

		embarque retornáveis.	
		* Uso de equipamentos e controles apropriados para o tipo de material para controlar perdas. * minimizar os inventários pela utilização de embarque "just-in-time".	
Correntes de resíduos	* Características e fontes de correntes de resíduos não são conhecidas. * As perdas são geradas como parte do processo. * Constituintes tóxicos ou perigosos são encontrados nas correntes de resíduos. Ex.: sulfetos, metais pesados, hidrocarbonetos halogenados e aromáticos polinucleares. * Impactos ambientais e propriedades dos resíduos não são conhecidos ou entendidos. *Habilidade de tratar e de gerenciar os resíduos tóxicos e perigosos desconhecidos ou limitados.	* Fontes de documentos e quantidades de resíduos são prioridade em relação à avaliação da prevenção de poluição. * Determinar quais as mudanças nas condições de processo que poderiam diminuir a geração de perdas que envolvem produtos tóxicos. * Avaliar se as condições de processos diferentes, rotas ou reagentes químicos (ex.: catalisadores em solvente) podem ser substituídos ou mudados para reduzir ou eliminar compostos tóxicos ou perigosos. * Avaliar as características dos resíduos utilizando os seguintes tipos de propriedades: corrosividade, ponto de ignição, reatividade, teor de energia BTU, biodegradabilidade, toxidez aquática, e bioacumulação potencial do resíduo e seus produtos degradados e se estes estão no estado sólido, líquido ou gasoso. * Considerar e avaliar todos os ciclos dentro e fora do site, reusos, tratamentos e opções de disposição existentes. Determinar a disponibilidade de unidades para tratar ou gerenciar os resíduos gerados.	
Quantidade e Qualidade			
Composição			
Propriedades			
Disposição			
Equipamento	Problemas Potenciais Ambientais	Projeto	Operação
Compressores	* Vazamentos na selagem do eixo, vazamentos na selagem da barra de êmbolo e correntes de venteio.	* Projetos de equipamentos sem selagem (diagramático, hermético ou magnético).	* Programa de manutenção preventiva.
Sopradores		* Projeto para emissões baixas (balanceamento interno, entrada dupla, gland eductors).	
Ventiladores		* Projeto da selagem do eixo (anéis de carbono, selos mecânicos duplos, buffered	

		selos) * Selos duplos com fluido venteados para controlar o dispositivo.	
Pás de concreto Pisos Bacias	* Vazamentos para água subterrânea.	* Paradas de água. * Placas envolvidas com metais. * Selagem com epóxi. * Outras selagens.	* Redução de purgas não necessárias, transferências e amostragem. * Uso de drip pans onde necessário.
Controles	* Paradas e partidas geram resíduos e liberações de materiais.	* Melhoria dos controles on-line. * Instrumentação on-line. * Partidas e paradas automáticas. * Análise de vibração on-line. * Uso de sistemas de "consenso" (a parada requer 2 de 3 respostas afirmativas).	* Processo contínuo vs. batelada. * Otimizar tempo de corrida on-line. * Otimizar frequência de inspeção de "interloque" de parada. * Identificar equipamentos e instrumentos críticos de segurança e ambientais.
Destilação	* Impurezas remanescentes nas correntes de processo.	* Aumento da razão de refluxo. * Adicionar uma seção à coluna. * Intervalos na coluna. * Mudar o prato de alimentação.	* Mudar as condições de operação da coluna: razão de refluxo, prato de alimentação, temperatura, pressão, etc..
Outros equipamentos da área	* Água de chuva contaminada. * Água de incêndio e	* Fornecer teto para as unidades de processo. * Segregar o efluente pluvial por meio de bacias de emergência quando ocorrer chuvas torrenciais	* Retornar amostras para o processo. * Monitorar a descarga de água de chuvas fortes

Outros equipamentos da área	de sprinklers contaminada. *Vazamentos e emissões durante a limpeza.	terrenais. * Correntes de processo para efluente pluvial. * Pisos selados. * Drenagem para (tanque enterrado) sump.. * Direcionar para tratamento de efluentes. * Projeto para limpeza. * Projeto para rinsing mínimo. * Projeto para lama mínima. *Fornecer enclausuramento de vapor * Dreno para o processo.	de chovas fortes. * Uso de "painéis de gotejamento" para atividades de manutenção. * Rinse para tanques enterrados. * Reuso de soluções de limpeza.
Trocadores de calor	* Aumento das quantidades de resíduos por causa das altas temperaturas localizadas.	* Uso de trocadores intermediários para evitar o contato com tubos e paredes de fornos. * Uso de aquecimento por etapa para minimizar degradação de produtos e reações laterais não desejadas. (calor residual >> baixa pressão de vapor >> alta pressão de vapor). * Uso de paredes decapadas para serviços viscosos. * Uso de refulvedor de filme descendente, refulvedor de recirculação forçada ou tubos de alto fluxo. * Uso de pressões de vapor mais baixas possíveis.	* Selecionar temperaturas de operação próximas à temperatura ambiente sempre que possível. Estas são normalmente mais desejáveis ambientalmente (prevenção de poluição). * Uso de vapores de pressão mais baixos para abaixar as temperaturas. * Monitorar sujeira em trocadores para correlacionar condições de

	* Materiais contaminados por causa de vazamentos em tubos nos trocadores. * Emissões de fornos	* Uso de tubos soldados ou placas duplas de tubo com purga de inertes montados verticalmente. * Uso de superaquecedor ou vapor de alta pressão substituindo fornos.	processo com o aumento de sujeira a fim de evitar condições que sujam rapidamente os trocadores. * Uso de técnicas de limpeza de tubos on-line para manter limpa as superfícies dos tubos. * Monitorar vazamentos.
Tubulações	*Vazamentos para a água subterrânea.	* Projeto de lay-out de equipamentos para minimizar a extensão dos tubos. * Eliminar tubulações subterrâneas ou projetar proteção catódica se necessário para instalar tubulação subterrânea. * Encaixe para solda. *Reduzir o número de flanges e válvulas. *Todas as tubulações soldadas. *Contenção secundária. *Gaxetas espiral (spiral-wound). *Uso de plugs e de válvulas duplas para abrir fim de linhas. *Mudar a metalurgia. *Uso de tubulação com lining. *Uso de pigs para limpeza. *inclinação para ponto de	*Monitoramento para corrosão e erosão. *Pintura para prevenir corrosão externa.

		drenagem baixo. *Uso de traços de vapor e de isolamento para prevenir congelamento. *Instalar linhas de equalização.	*Flush para tanque de estocagem de produto.
Bombas	*Emissões fugitivas de vazamentos em selagem de eixos. *heel residual de líquido durante a manutenção. *injeção de fluido "flusheado" na corrente de processo.	*selo mecânico em substituição à gaxeta de enchimento. *selo mecânico duplo com fluido interno. *bombas sem selo (motor com acionamento magneticamente). *bombas verticais. *uso de transferência por pressão para eliminar bomba. *baixo ponto de drenagem na carcaça da bomba. *uso de selo mecânico duplo com fluido interno onde praticável.	*práticas de instalação de selos. *monitorar os vazamentos. *"flushear" a carcaça na linha de efluente de processo para tratamento. * aumentar o tempo médio entre falhas de bomba: selecionar o material adequado para a selagem; bom alinhamento; reduzir estresse induzido em tubulações; manutenção de lubrificação de selos.
Reatores	*performance ou	*misturador estático.	*adicionar

	conversão baixas graças a mistura inadequada. *formação de subprodutos residuais.	*adição de chicanas. *mudar impelidores. *adicionar mais potência H.P.. *adicionar distribuidor. *fornecer um reator separado para converter as correntes de reciclo em produtos bons.	ingredientes com seqüência ótima. *otimizar condições de reação (temp., pres., etc.).
Válvulas de Alívio	*vazamentos. *emissões fugitivas. *descarga para o ambiente de uma sobre pressão. *alívio freqüente.	*instalar disco de ruptura acima da corrente. *"ventear" para dispositivo de recuperação ou controle. *descarga de bomba para sucção de bomba. *alívio térmico para tanques. *evitar descarga para áreas de teto a fim de prevenir contaminação da água de chuva. *usar uma válvula de alívio operada remotamente. *aumentar a margem entre pressão de projeto e pressão de processo.	*monitorar vazamentos e eficiência do controle. *monitorar vazamentos. *reduzir a pressão de operação. *revisar a performance do sistema
Amostragem	*geração de resíduos em virtude de amostragem (disposição, containers, vazamentos, emissões fugitivas, etc.).	*analísadores in-line in situ. *sistema para retorno para processo. *loop fechado. *dreno para tanque sump.	*redução do número e do tamanho das amostras requisitadas. *amostras a baixas temperaturas. *resfriamento antes da amostragem.

Tanques	*respiro do tanque e perdas durante a movimentação	*materiais frios antes da estocagem. *tanques isolados. *vent para dispositivo de controle (flare, condensador, etc.). *balanceamento de vapor. *teto flutuante. *pressão de projeto mais alta. *tudo acima da superfície (situado tal que possa ser feita inspeção rotineira p/ vazamentos) *contenção secundária. *melhorar a resistência à corrosão *projetar para 100% do inventário.	*otimizar as condições de estocagem para reduzir perdas. *monitoramento para vazamentos e corrosão. *reciclar para o processo se praticável.
Sistemas de Vácuo	*descarga de água dos ejetores.	*substituir por bomba de vácuo mecânica. *avaliar uso de fluido de processo como motriz.	*monitorar para vazamentos de ar *reciclar o condensado para o processo.
Válvulas	*emissões fugitivas de vazamentos.	*entre os selos. *reduzir o número onde praticável *enchimentos especiais.	*aderência restrigente para procedimentos de enchimento.
Vents	*liberação para o meio ambiente.	*direcionar para dispositivos de recuperação ou controle.	*monitorar performance.

Tabela 1 – Oportunidades de prevenção da poluição (EPA, 1995)

Mais vantajoso que qualquer investimento em uma planta, tem se demonstrado que mudanças nas práticas operacionais tem tornado possível resultados imediatos com um mínimo de investimento. Por exemplo, a maioria dos efluentes gerados pela indústria de processamento químico é água contaminada: uma certa companhia química tem coletado e isolado seu efluente líquido próximo a área de descarregamento de fenol de trem tanque e reutilizada a água em bateladas de resina. Isto eliminou toda a corrente de efluente (EPA, 1995).

Diversos livros e artigos têm mostrado maneiras diferentes para minimizar o impacto ambiental de uma atividade industrial. Em primeiro lugar, o que se coloca, é prevenir a criação de correntes de resíduos, em

seguida priorizar a eliminação dos resíduos com mais alto impacto no processo. De uma forma geral, pode-se identificar uma hierarquia comum na prevenção da poluição, que se pode traduzir conforme abaixo:

1. Eliminar na fonte, melhor ainda, impedir que se forme;
2. Reduzir na fonte;
3. Reciclar para dentro do processo;
4. Reusar fora do processo;
5. Se as etapas anteriores não forem possíveis, tratar para reduzir o impacto ambiental;
6. E finalmente, como última opção, dispor de uma maneira responsável.

Assim, diante de tantas possibilidades e fatores diversos para definir o que fazer, quando fazer e onde fazer, é fundamental a utilização de um método aproximado para revisar o processos de uma forma ordenada, a fim de pesquisar uma solução que pareça ser econômica e ambientalmente mais viável.

Neste contexto, será apresentado no item 2.1 um método que possibilitará avaliar qualquer processo de produção com foco em questões ambientais. Alcançando desta forma mais um dos objetivos deste trabalho, ou seja, apresentar um metodologia que auxilie na avaliação e transformação de uma rotina operacional em uma rotina limpa, ecologicamente responsável.

A metodologia aqui aplicada está baseada em uma técnica conhecida como ENVOP, com algumas adaptações, de modo a se poder cumprir, com maior precisão, a proposta desta monografia na avaliação dos principais cenários selecionados pelos técnicos que responderam ao questionário.

2.1 A técnica ENVOP e cenários

2.2 A identificação de rotinas operacionais

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

2. PRODUZINDO COM ROTINAS OPERACIONAIS LIMPAS

2.1 A Técnica ENVOP e Cenários

O nome ENVOP é derivado de **ENV**ironmental **OPT**imisation (Otimização Ambiental), sendo uma marca comercial pertencente a British Petroleum Company, e utilizada por esta empresa, no cumprimento de suas atividades, na área de otimização ambiental, conforme apresentado por Isalski (1995).

2.1.1 Teoria

A técnica ENVOP é um procedimento de rede que pode ser aplicada tanto para as plantas em operação quanto para plantas novas, tendo como principal característica a procura de soluções para reduzir o efluente na fonte e não no final do processo.

Esta técnica tem origem em outro método de avaliação de unidades industriais, desenvolvido para avaliação da segurança do processo, a técnica HAZOP (HAZard Operation). Uma modificação significativa da técnica HAZOP, usando termos ambientais, resultou em uma técnica efetiva de revisões sistemáticas de qualquer

processo do ponto de vista de redução de efluentes que eles geram.

No entanto após aplicação da técnica ENVOP é importante efetuar uma análise econômica das medidas propostas e priorizar as soluções identificadas. Desta forma será possível uma redução no número de opções, que potencialmente aumentam em poucos minutos.

Na Tabela 2 são esquematizados os termos, os desvios, as etapas e os objetivos para o ENVOP. Como está técnica está sendo aplicada para rotinas de operação, foram feitos alguns ajustes na tabela, incluindo Área, Termos e Desvios, originalmente não existentes. A aplicação desta técnica consiste em questionar com cada "Desvio" todos os pontos ("Palavra") do processo, e através destes questionamentos identificar os possíveis riscos ambientais que este processo pode provocar.

As diferenças básicas entre as técnicas HAZOP e ENVOP se apresentam primeiramente nos objetivos.

Enquanto que a primeira avalia a segurança, o ENVOP possui como meta de revisão os objetivos ambientais. Outra diferença também está nos termos utilizados por cada uma e finalmente, a análise técnica e econômica é utilizada para auxiliar na priorização das opções.

Tabela 2 – Área, Termos, Desvios, Etapas e Objetivos para o ENVOP (ajustada)

Área	Termos	Desvios	Etapas da Analise de Risco	Objetivos ambientais
PROCESSO	Fluxo	não	* Problema, o processo e os objetivos ambientais são claramente definidos; * A revisão formal usa um termo sistemático para reduzir o impacto ambiental da planta, o resultado: uma lista de opções técnicas para analise futura; * Priorizar as opções e preparar a base para julgar estas técnicas; * Estas opções são investigadas em detalhe e será avaliada a praticabilidade das propostas; * Identificar a melhor opção praticável ambientalmente; * Plano de implantação e relatório.	Redução das emissões gasosas
	Temperatura	mais		Redução das emissões líquidas;
		menos		Redução da disposição de sólidos;
		reciclo / by-pass		
		mais		Redução no consumo de utilidades (incluindo venteio indireto de NOx, SOx e COx);
	Pressão	menos		
	mais	Redução de descargas odoríferas.		
	Nível de processo			menos
		mais		
	Composição	menos		
		mudar		
	Equipamentos	adicionar		
remover				
fases				
mais / maiores				
GERENCIAMENTO	Ações Gerenciais	inadequado		
		sem		
		Falta		
		Grande		
		Menos		

OPERAÇÃO	Rotinas operacionais	Falta
		Inadequado
		Sem
MANUTENÇÃO	Rotinas controles e de manutenção	Sem
		Não
		Falta
		Inadequado
PROJETO	Critérios de Projeto	Inadequada
		Falta
SUPRIMENTO	Critérios na aquisição de materiais	Falta
INSPEÇÃO	Rotinas controles e de inspeção	Não
		Falta
		Inadequado

Tabela 2 – Área, Termos, Desvios, Etapas e Objetivos para o ENVOP (ajustada)

Para elaboração desta monografia, por motivos específicos, serão consideradas somente as 2 primeiras etapas, ou seja, com base nos cenários priorizados no questionário, e nos Objetivos Ambientais, e, através de uma revisão formal e do uso de termos sistemáticos, serão identificados os problemas e o processo para reduzir o impacto ambiental da planta. O resultado será uma lista de opções técnicas para análise futura.

Diversas são as razões para executar um estudo ENVOP em um unidade industrial, pode-se destacar, entre outras, situações como:

- A planta possui emissões que são prejudiciais para os vizinhos;
- A planta tem problemas de emissão que representa uma perda significativa (ex.: matéria prima, produto, intermediários, catalisadores ou utilidades);
- Atender às exigências da legislação quanto ao controle de emissões utilizando a melhor técnica disponível e com baixo custo.

Uma planta geralmente é composta de 2 sistemas conectados, o processo e as utilidades. Desenhando um envelope ao redor da planta pode-se definir todas as entradas e saídas que influenciam o meio ambiente na qual a planta está operando.

Uma vez que o problema tenha sido definido, e a necessidade de realizar o ENVOP é clara, deve-se detalhar os objetivos ambientais, ou seja:

- Redução das emissões gasosas;
- Redução das emissões líquidas;
- Redução da disposição de sólidos;

- Redução no consumo de utilidades (incluindo venteio indireto de NOx, SOx e COx);
- Redução de ruídos;
- Redução de descargas odoríferas.

Estando os objetivos identificados, é necessário definir o limite de cada um dos itens acima, para se poder ter um parâmetro de comparação entre o existente e o que se deseja atingir.

Para realizar um ENVOP formal é necessário reunir uma equipe de especialistas multidisciplinares, desta forma os resultados alcançados poderão ter uma qualidade bem melhor, pois a interação de diferentes conhecimentos e experiências normalmente gera um número mais expressivo de sugestões de melhorias.

2.1.2 Preenchimento das Planilhas ENVOP e Cenários

O ENVOP, conforme apresentado na planilha vazia do anexo 6, pode ser aplicado para operações de rotina, sistemas de processo ou até em ações de gerenciamento na produção. Assim, no campo Título/Número do Projeto deve ser preenchido somente o título, caso a análise não se refira a nenhum projeto específico.

É importante registrar o número do fluxograma ou desenho de referência, além da identificação da unidade, pois facilita a visão global da análise de risco.

Para complementar a identificação da ENVOP, é didático registrar a fase do processo, a etapa física ou ainda o equipamento específico em análise.

Na coluna "Item" da planilha de Envop (anexo 6) registram-se números seriados acompanhados da área de Análise, por exemplo: 01/P (item 01 – processo), 02/O (item 2 – Operação), 03/M (item 3 – Manutenção) e assim por diante, anotando G para Gerenciamento, I para Inspeção, S para Suprimento e P para Projeto.

A coluna "Ref." recebe expressões que, dentro das áreas, facilitam a interpretação do ENVOP, por exemplo: **Materiais**, **Tipo**, **Composição**, **Dtemperatura**, **pressão**, **Programa**, **Procedimento**, **Política**, **Emergência**, **Treinamento**, **Educação** etc..

Após essas identificações, inicia-se a análise de risco ambiental propriamente dita, com as ações iniciadoras do risco. Os objetivos que se pretende atingir, listados na Tabela 2, estarão marcados com X e os que não são afetados com o risco devem ser preenchidos com O.

Na coluna "Investigação", registram-se os pontos que devem ser conhecidos, avaliados, acompanhados, analisados ou pesquisados. Essa etapa permite conferir se realmente o risco existe e possibilita detalhar um plano de ação para adequação.

Ao se comentar cada etapa, coluna "Comentários", é comum lembrar itens, hábitos ou ainda vícios que não iniciam o risco, mas incrementam seu efeito.

Na coluna "Ação", identificam-se os responsáveis pela análise de risco do processo ou da atividade estudada / investigada.

Ao finalizar a ENVOP, tem-se rico material de informações para controlar o risco de cada etapa do processo ou das atividades. Mas, para concluir o trabalho e preparar o programa de adequação, é necessário aprofundar o assunto e delinear os Cenários do que acontece atualmente nessas atividades de rotina da operação.

A planilha de Cenários, como apresentada também no anexo 6, será utilizada para enriquecer o conhecimento de cada rotina.

De posse do ENVOP, o responsável por descrever o Cenário deve pesquisar no histórico ou na literatura algo que facilite a interpretação do problema. Essa é a referência que deve ser descrita logo abaixo da identificação do Cenário.

Os itens mais importantes e que facilitam a visão do Cenário entram no campo Descrição, que é justamente o detalhamento do que estará sendo analisado. Para ilustrar melhor o sistema em análise, é recomendado que se faça um desenho esquemático, o qual também facilitará sua interpretação.

Na planilha de Cenário, alguns itens são descritos como práticas ou atitudes corretas em cada área específica. Assim, na construção do cenário é necessária uma apresentação sucinta dos seguintes aspectos:

- aspectos tecnológicos;
- conhecimento da equipe;
- procedimento operacional;
- aspectos de manutenção;
- diretrizes gerenciais.

Esses aspectos compõem as "Rotinas Limpas" na operação da indústria.

Para facilitar a avaliação do impacto de cada rotina é importante também que se descreva a disposição final de todos os vazamentos, resíduos e emissões fugitivas.

Para finalizar, são evidenciados os fatores sinérgicos de cada cenário, ou seja, os fatores que multiplicam os efeitos negativos das rotinas de operação quando executadas de maneira incorreta.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

2. PRODUZINDO COM ROTINAS OPERACIONAIS LIMPAS

2.2 A Identificação das Rotinas Operacionais

As diversas rotinas operacionais escolhidas para fazerem parte do questionário de pesquisa serão abordadas neste tópico. Elas foram escolhidas mediante grande pesquisa na literatura. O objetivo dessa pesquisa foi identificar quais operações teriam sua presença na maioria das empresas, ou seja, as atividades de rotinas, na condução de processo, mais comuns às unidades de produção.

Em alguns casos, não serão analisadas rotinas propriamente ditas, mas situações de processo normalmente encontradas nas unidades de produção.

Por uma questão de ordem no trato dessas rotinas, elas foram divididas em quatorze grupos:

- atividades de rotina, propriamente dita;
- controle de processo;

- embalagens;
- equipamentos enterrados;
- equipamentos rotativos;
- instrumentos;
- matéria prima;
- operações Unitárias;
- outras operações;
- produto acabado;
- reação química;
- reciclo;
- sistema de vácuo e
- tubulações e acessórios.

De forma sucinta, todas as rotinas operacionais avaliadas nesta monografia serão apresentadas abaixo; no entanto, como não é objetivo deste trabalho defini-las de forma minuciosa, será reservada discussão maior apenas para as cinco rotinas que, na visão do operador de processo, poderiam, com um maior risco, provocar impactos ambientais indesejáveis. Cada uma dessas rotinas poderá ter ou não subdivisões conforme será mostrado abaixo.

2.2.1 Atividades de Rotina

Algumas operações realizadas por operadores, em plantas industriais, praticamente em nada diferem quando se muda de uma indústria para outra, ou seja, dificilmente será encontrada uma indústria química onde não seja necessária a coleta de amostras, onde não haja bombeamento de fluidos ou transferência de fluidos na fase líquida ou aquosa, onde não ocorra drenagem de equipamentos e de tubulações, onde não se efetue a lavagem de áreas de produção, onde não seja necessária a limpeza de filtros, onde não haja partidas, paradas e mudanças de produto, onde não se processe o *steam out* (injeção de vapor em equipamentos), onde não haja transferência ou movimentações de fluidos na fase sólida e ou, ainda, onde não se faça uso de mangotes flexíveis. Embora, normalmente, essas atividades não apresentem nenhuma dificuldade na execução, não necessitem de maior especialização para serem elaboradas e executadas várias vezes no mesmo dia. Entretanto, não são menos potencialmente prejudiciais ao meio ambiente e necessitam de cuidado especial para não causarem nenhuma contaminação ambiental.

2.2.1.1 Amostragem

Esta provavelmente é, aparentemente, a mais comum de todas as rotinas operacionais. Consiste simplesmente em coletar porções do material produzido, da matéria prima utilizada ou do resíduo gerado para serem analisados em laboratório e avaliar os desvios de suas propriedades em relação a padrões pré-estabelecidos. A amostragem, normalmente, possui grande potencial para geração de resíduos, por isso necessita de atenção quanto à disposição de seus efluentes, assim como cuidado com os vazamentos, nos pontos de coleta e com as emissões fugitivas.

2.2.1.2 Bombeamento ou Transferência de Fluidos na Fase Líquida e Gasosa

O processo de movimentação de fluidos, tanto na fase líquida como na fase aquosa, normalmente necessita de equipamentos com diversas conexões e engates pois são estes potenciais pontos de vazamento.

2.2.1.3 Drenagem de Equipamentos e de Tubulações

Normalmente após uma etapa de processo ou após uma limpeza de equipamentos, seus resíduos precisam ser drenados. Maior cuidado deve ser tomado para direcionar esses drenos para sistemas de efluentes ou para sistemas de recuperação, minimizando perdas também na fase de limpeza ou purga de linhas.

2.2.1.4 Lavagem da Área

Normalmente necessária, essa atividade, por vezes, limpa uma área e suja a outra, como na rotina anterior é importante que seus efluentes sejam direcionados para sistemas de efluentes ou para sistemas de recuperação.

2.2.1.5 Limpeza de Filtros

Como normalmente a utilização de filtros visa a remoção de substâncias indesejáveis ao processo, nem sempre o material nele colhido recebe o correto destino. Muitas vezes esse material poderia ser reutilizado e, no entanto, é descartado para aterros ou lixos comuns, sem nenhum tratamento específico.

2.2.1.6 Partidas, Paradas e Mudanças de Produto

Normalmente as operações de partida, parada e mudança de produtos geram certa quantidade de material fora de especificação que nem sempre é possível ser reutilizado dentro do processo. Portanto, pesquisas nessas atividades normalmente trazem grande retorno e devem-se tomar todo cuidado de modo a diminuir o tempo de ajuste da produção para atingir a especificação desejada. Esse procedimento, além de aumentar o rendimento da planta, trará grande benefício quanto a disposição de lixo na natureza.

2.2.1.7 Steam Out

Operações de *Steam out* são operações de limpeza em tubulações ou equipamentos, por meio de injeção de vapor. Essa operação é normalmente realizada em inícios ou em mudanças de campanha e como procedimento de partida de unidades, de modo a se promover uma assepsia do sistema para evitar possíveis contaminações no material a ser produzido. O grande risco dessa operação é que nem sempre as plantas industriais possuem unidades de *Flare* para queima desses vapores ou, ainda, uma eficiente unidade de lavagem para absorção dos contaminantes, e isso culmina em emissão direta para a atmosfera.

2.2.1.8 Transferência de Fluidos na Fase Sólida

A movimentação de material sólido pode ser feita tanto em forma pastosa como em pequenas partículas, como também em pó. Pode ainda ser transportados em ambientes abertos, no caso de esteiras rolantes ou fechados em tubulações, valendo-se de transporte pneumático, bombas de engrenagem ou outros dispositivos de movimentação. Dessa forma, possui diversas possibilidades de perda no seu trajeto, tanto para a atmosfera, diretamente sem nenhuma barreira, como por vazamentos ou emissões fugitivas em virtude das partes móveis dos equipamentos utilizados para a transferência.

2.2.1.9 Uso de Mangotes

Normalmente faz-se uso de mangotes quando a operação de transferência não é constante, como no descarregamento de caminhões, e é justamente no momento do desengate que as sobras remanescentes na tubulação são descartadas no piso da área de trabalho. É importante a busca de outras alternativa para transferência a fim de prevenir situações com essa.

2.2.2 Controle de Processo

Um processo que sofre poucas variações, tem menos probabilidade de ter o seu controle perdido, mas isto normalmente é muito difícil de se conseguir, pois diversos são os fatores provocadores destes desvios, necessitando de muitas horas de pesquisa para otimização do controle da operação. Para este trabalho foi julgado com um dos fatores mais críticos apenas o controle da pressão.

2.2.2.1 Pressão

Entre outras conseqüências, o incremento de pressão nas operações pode provocar aumento das emissões fugitivas e também vazamento potencial de selagem por causa do aumento das pressões diferenciais. Deve ser observado também o fato de que pressões mais altas favorecem o aumento da solubilidade de gases e, por vezes, perdas de matéria prima gasosa para o efluente.

2.2.3 Embalagens

Um livro poderia ser dedicado para tratar de embalagens. Milhares são os seus tipos e suas aplicações. Mas, aqui o objetivo é salientar apenas a necessidade de maior acompanhamento das embalagens (sacaria, *big-bag*, tambores, bombonas, barricas etc.) quanto ao uso, reuso e disposição final. Atualmente, a devolução das embalagens para os fornecedores de matéria prima, para uma reutilização ou ainda para um posterior descarte após descontaminação é uma operação normal. Supõe-se que quem produz o material, terá mais condições técnicas de ter um processo para reaproveitar ou para tratar adequadamente as sobras desses químicos retidos nas embalagens.

2.2.4 Equipamentos Enterrados

São em grande quantidade os equipamentos que podem ser enterrados, vai desde reatores a bacias de efluentes, tubulações, canaletas e outros; mas, normalmente, o que se vê é o uso de material inadequado, manuseio com temperaturas elevadas e muitas vezes operando com produtos corrosivos, o que provoca trincas e falhas e possibilita a contaminação de águas subterrâneas. Preferencialmente, o que deve se tentar é nunca enterrar nada. Sob o ponto de vista ambiental, equipamentos visíveis são muito mais controláveis.

2.2.5 Equipamentos Rotativos

Outros equipamentos que também formam uma categoria independente, são os equipamentos rotativos. Entre os vários tipos existentes foram destacadas as bombas, os compressores e os misturadores:

2.2.5.1 Bombas

Por diversas vezes, as bombas são as grandes vilãs quando se fala em vazamentos e emissões fugitivas, e isso, normalmente ocorre por causa da selagens do eixo. Tornou-se tão comum a folga nos selos que muitos operadores já se cansaram de efetuar os devidos reparos, que normalmente são simples e não passam, na maioria dos casos, de simples aperto.

Outra fonte de contaminação provocada por bombas é quando de sua limpeza para manutenção. Durante essa operação, normalmente ocorre a presença de resíduos na carcaça, os quais devem ser drenados para as canaletas de efluentes ou para sistemas de recuperação.

Deve-se também ter cuidado especial com a lubrificação, pois a falta de lubrificação gera aquecimento, vibração e, conseqüentemente folgas, por onde sairão os contaminantes.

2.2.5.2 Compressores

No caso dos compressores, a atenção deve ser redobrada na observação de vazamento na selagem do eixo, nas correntes de venteio, na vibração e amperagem, na falha de instrumentos ou problemas de processo e também no alinhamento.

Como nas bombas, também com os compressores deve-se ter cuidado especial com a lubrificação, pois a falta de lubrificação gera aquecimento e vibração e, conseqüentemente, folgas por onde sairão os contaminantes.

A presença de líquido ou sólido na sucção de compressores pode ser indicativo de problemas. Os filtros devem ser checados constantemente, verificar se não há excesso de carga e ainda checar a eficiência da operação anterior deve ser processo rotineiro.

2.2.5.3 Misturadores

Para misturadores, os maiores cuidados devem ser tomados quanto a vazamentos e quanto a emissões fugitivas.

2.2.6 Instrumentos

Alguns instrumentos são extremamente importantes no controle ambiental de uma planta; por isso, adquiri-los de fornecedores conceituados e tomar cuidado na sua especificação é fundamental para garantir uma operação saudável e segura. Foram destacados como instrumentos com maior potencial de impacto no meio ambiente as válvulas de alívio, de segurança e as válvulas de controle:

2.2.6.1 Válvulas de Alívio e de Segurança

Devem ser tomadas todas as precauções quanto a regulação dessas válvulas, pois regulação inadequada provocará vazamentos ou emissões fugitivas.

2.2.6.2 Válvulas de Controle

Essas válvulas são potenciais focos de vazamento pelo corpo, gaxeta etc..

2.2.7 Matéria Prima

Muito pode ser feito para evitar que a matéria prima seja um foco de contaminação ambiental. Entre os vários cuidados, destacam-se o acompanhamento e o manuseio dos materiais adquiridos por meio de contato próximo com os fornecedores. Muitas vezes uma operação difícil com certa matéria prima é resolvida mediante ajustes logísticos com seu fornecedor.

Outros fatores também devem ser observados para a escolha da matéria prima: a presença de impurezas pode gerar resíduos e subprodutos não desejados; também as impurezas tóxicas geradas ou inerentes estão sujeitas à legislação; matéria prima com maior pressão de vapor tende a provocar aumento das emissões fugitivas no manuseio e estocagem; alta pressão de vapor com materiais no limite mínimo de odor pode provocar problemas de odor não agradáveis; deve-se escolher materiais não totalmente solúveis em água para facilitar tratamento posterior, caso a reação não seja completa, evitar materiais tóxicos e não biodegradáveis. Normalmente o uso de matéria prima com elevada solubilidade é prejudicial ao controle da poluição, pois aumenta a superfície de contaminação de água subterrânea e também aumenta o risco de contaminação das águas de chuvas em áreas abertas.

2.2.7.1 Matéria Prima na Fase Gasosa

A grande dificuldade no manuseio de matérias primas na fase gasosa é a necessidade de rigoroso controle nas condições de pressão, tanto no reservatório quanto na tubulação de transporte. Pressões elevadas favorecem o aparecimento de pontos de vazamento.

2.2.7.2 Matéria Prima na Fase Sólida (Manuseio de Sólidos)

O transporte e manuseio de sólidos (insumos e matéria prima) requer cuidados de segurança. Podem ser feitos por correia transportadora, empilhadeiras ou transporte pneumático, mas pode, para cada operação, haver o risco de perdas ou queda de material.

2.2.7.3 Manuseio de Matéria Prima e de Insumos em Geral

Todo procedimento para descarrar matérias primas e insumos diversos, no final da operação, deve prever o reaproveitamento dos produtos drenados da carreta. A quantidade de produto é pequena, mas pode afetar e contaminar o efluente da fábrica.

Muitas vezes, a qualidade da matéria prima, cativa de outra unidade do próprio "site", não é de fato garantida, pois provoca problemas no processo à jusante. Deve-se adotar a política de cliente / fornecedor também para os clientes internos.

2.2.8 Operações Unitárias

O acompanhamento das principais operações unitárias e sistemas auxiliares na indústria é de fundamental importância, pois refletem no aspecto ambiental da produção. Os procedimentos de campo e painel para controlar o processo nas operações unitárias fazem parte da rotina dos operadores, e, muitas vezes, a atividade mais simples pode vir a ser a mais impactante.

2.2.8.1 Sistemas de Decantação e Separação

A pré-separação de efluentes líquidos, quando bem controlada ou bem acompanhada, facilita a detecção de problemas e a tomada de ações preventivas. A limpeza de decantadores finais melhora a eficiência dos processos de controle de efluentes. Sobrecarga é o problemas mais comum nos sistemas de separação.

2.2.8.2 Sistemas de Água Gelada

As válvulas internas de controle automático dos compressores de frio (ex.: *madef*) muitas vezes não

funcionam e permitem os seguintes eventos: congelamento por baixa vazão, vazamentos do fluido refrigerante, baixa eficiência das máquinas e troca de calor deficientes. É necessário nesses casos que os operadores se mantenham em alerta caso o sistema de água gelada venha a falhar.

2.2.8.3 Sistemas de Resfriamento

Os acompanhamentos da qualidade da água de resfriamento e da água de *make-up* garantem o bom funcionamento dos trocadores na planta. Caso contrário, poderá provocar baixa eficiência na troca térmica e até furo em trocadores de calor.

2.2.8.4 Tanques

Os tanques não interligados a sistemas de segurança provocam perdas no respiro do mesmo, durante a movimentação.

O envio de material quente para a tancagem, a depender do fluido; ácido diluído, por exemplo, tem efeito altamente corrosivo para os tanques de inox e podem provocar falhas e vazamentos para o meio ambiente.

O transbordo de tanque na movimentação ocorre em virtude da indicação falsa de nível ou desatenção do operador. Também, devido a nível falso, pode ocorrer a secagem do tanque durante transferência e cavitação da bomba, o que afeta sua parte mecânica e posteriores problemas de vazamento.

Muitas vezes, em função do tempo de vida, ocorrem falhas (furos) no fundo do tanque e isso provoca contaminação do lençol freático, sem que se perceba, daí a importância dos serviços de inspeção em tanques.

No campo, o erro de alinhamento cometido pelo operador pode provocar geração de resíduo, com a transferência de fluido para tanque errado.

2.2.8.5 Trocadores de Calor

Mudança na qualidade do vapor ou até falha no purgador provoca temperatura alta pode gerar sólido (polímero, *tar*) e baixar a eficiência da troca térmica.

O aumento da temperatura, nos equipamentos de processo, provoca aumento das emissões ou aumento da solubilidade da água na maioria dos produtos químicos. Esse item está relacionado com a baixa capacidade ou a baixa eficiência em sistemas de troca térmica.

Os fluidos de processo podem ser contaminados em razão de vazamentos em tubos nos trocadores.

2.2.9 Outras Operações

Algumas operações de campo são consideradas secundárias e, portanto, influenciam no processo, como "fantasmas", pois são pouco investigadas. São elas:

2.2.9.1 Equalização de Pressão

As operações de equalização de pressão se por um lado facilitam a transferência de fluidos por outro podem favorecer a contaminação ou até a flutuação de pressão em certos vasos de processo.

2.2.9.2 Inertização

A inertização de equipamentos, como tanques e vasos, é necessária para evitar a oxidação dos fluidos de processo. A falha no controle de pressão desses colchões de nitrogênio pode provocar retorno de gases para sistemas não compatíveis e gerar resíduo ou problemas de processo.

2.2.9.3 Venteio

Quando durante operações de venteio para sistemas fechados ocorre o bloqueio dessa saída, é necessário despressurizar o sistema para a atmosfera, e isso provoca contaminação no meio ambiente.

2.2.10 Produto Acabado

É muito importante o acompanhamento e manuseio dos produtos que serão vendidos, tais como: carregamento, transporte e manuseio dos produtos (evitar contaminação ou presença de materiais estranhos); qualidade do produto cativo para outra unidade do próprio "site".

2.2.11 Reação Química

O controle e acompanhamento de operações que envolvem a reação química evitam a geração de resíduos.

O descontrole na reação química, uma parada repentina ou uma reação interrompida, na maioria das vezes, traz como consequência a geração de subprodutos indesejados, normalmente não-entendáveis, que deverão ser dispostos apropriadamente.

2.2.12 Reciclo

"Operações de reciclo geralmente melhoram o uso de matérias primas de produtos químicos, assim, ambos aumentam o rendimento de produtos desejados enquanto ao mesmo tempo reduzem a geração de resíduos. Uma situação é operar com baixa conversão por ciclo de reação pela redução do consumo de catalisadores, temperatura ou tempo de residência. Algumas vezes isso pode resultar em alta seletividade para produtos desejados. O efeito cumulativo sobre o reciclo de reagentes não reagidos, enquanto ao mesmo tempo reduzindo as quantidades de catalisador gasto e menos subprodutos desejados."

É importante o acompanhamento da qualidade das correntes de reciclo com base nos seguintes tópicos:

- Efeito de separações de baixa eficiência na qualidade do reciclo e, nos processos receptores; mudanças que envolvem a corrente de reciclo prevendo amortecer efeitos negativos;
- Retorno de matéria prima para a reação a partir da corrente de reciclo.

2.2.13 Sistemas de Vácuo

Os sistemas de vácuo tem influência direta na eficiência das operações unitárias. Normalmente são os responsáveis pela extração da matéria prima não reagida que contaminará o produto final. No entanto, esta operação simplesmente transfere a contaminação para o meio ambiente.

2.2.14 Tubulações e Acessórios

Outro importante ponto a ser salientado é as tubulações e acessórios. Problemas de projeto, processo, operação e manutenção podem provocar vazamentos que impactam o meio ambiente.

2.2.14.1 Aquecimento de Linhas

Evitar quando o processo contém materiais sensíveis à temperatura.

2.2.14.2 Flanges

Vazamentos nos flanges ocorrem principalmente devido a problemas de especificação e problemas de montagem.

2.2.14.3 Pintura Externa das Tubulações

Uma boa medida preventiva é pintar as tubulações antes de isolar para evitar a corrosão externa.

2.2.14.4 Purgadores

O mal funcionamento dos purgadores pode provocar obstruções por congelamento, e cristalização nas linhas de processo e trocadores.

2.2.14.5 Válvulas

Normalmente ocorrem pequenos vazamentos denominados de emissões fugitivas e vazamentos de válvulas em áreas específicas.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

3. METODOLOGIA

Para melhor compreensão dos resultados apresentados nesta monografia, é importante que se conheça a metodologia aplicada para o seu desenvolvimento. Como esta pesquisa foi desenvolvida? Que bases foram utilizadas para definir as etapas e os caminhos escolhidos? Em que ambiente ela tem sua aplicação?

O desenvolvimento desta pesquisa foi dividido em cinco etapas: abordagem, local, população e amostra, descrição do questionário, coleta e tratamento dos dados.

Tendo em vista a natureza do trabalho, a abordagem utilizada foi a do tipoquete, uma vez que as informações desejadas não se encontravam disponíveis na literatura, exceto em aspectos qualitativos e genéricos, orientados para as organizações de uma forma geral. O instrumento de pesquisa utilizado foi um questionário aplicado preferencialmente através de uma entrevista, onde uma riqueza maior de informações pode ser obtida, na comunicação direta com o entrevistado.

A população pesquisada encontra-se inserida no Complexo Petroquímico de Camaçari que, em virtude do avanço tecnológico, representa excelente amostra dos complexos industriais mais desenvolvidos de todo o mundo.

Essa população compreende as empresas do Complexo Petroquímico de Camaçari, localizado no Estado da Bahia, Brasil, as quais foram identificadas e contatadas pelos pesquisadores.

Cinco empresas do complexo foram utilizadas como amostra que, após serem localizadas, se dispuseram a responder o questionário de pesquisa dentro dos limites possíveis para a conclusão dos trabalhos. Em média, breve explanação sobre a pesquisa em questão, apresentação do questionário e resposta do mesmo levou entre 45min e 1h. Não é recomendável que esse tempo exceda a esses números, pois normalmente os profissionais de operação não estão habituados a esse tipo de atividade, e a medida que o tempo se prolonga há uma tendência à dispersão e respostas com menos critério. Outro fator, também limitador do tempo, é a dificuldade de deslocar esses profissionais de suas atividades diária por se perceber que cada vez mais menor número de operadores está presente em uma unidade de produção.

3.1 Descrição do questionário

3.2 Coleta / Tratamento dos dados

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

3. METODOLOGIA

3.1 Descrição do Questionário

Para a elaboração do questionário de pesquisa, foi feito um levantamento das principais rotinas operacionais comuns à maioria das indústrias químicas. Este instrumento de coleta constitui-se de questões objetivas,

também são apresentadas ao entrevistado diversas rotinas sobre a quais deve posicionar-se.

O questionário de pesquisa (anexo 1) foi construído com o objetivo de atender a solução do problema de pesquisa deste trabalho e as questões operacionais. De forma geral, pode-se afirmar que este questionário visou exaurir os aspectos mais importantes considerados no processo da identificação das rotinas operacionais comuns à maioria das indústrias, com maior potencial de risco de contaminação ambiental.

Cada rotina operacional foi submetida a uma enquete onde o entrevistado avaliou o seu grau de impacto sobre o meio ambiente, ou seja, se seria uma rotina de pouco impacto, médio impacto ou alto impacto ambiental, no caso de uma falha na operação ou se em uma atividade rotineira.

Como efeito de pequeno, médio e alto impacto foi assumida a seguinte classificação:

- pouco impacto = efeitos a longo prazo pouco percebidos pelos sentidos do homem, sem efeito imediato ao meio ambiente;
- médio impacto = efeito a curto prazo; pode causar interrupção da operação, intoxicação dos operadores, contaminação do solo, ar ou rios, passível de intervenção dos órgãos ambientais;
- alto impacto = efeito imediato, causando explosão, incêndio ou evacuação de áreas, com interrupção da operação, intoxicação dos operadores, contaminação do solo, do ar ou rios e intervenção dos órgãos ambientais.

Em seguida foi inquirido sobre em qual área de produção esta rotina teria maior representação, se na área de efluentes/utilidades, se na área de processo ou se na área de tancagem/movimentação. Ainda com referência a essas três áreas de produção, procurou-se identificar a existência de diferenças quando em diferentes turnos, a saber: das 0h às 8h, das 8h às 16h, das 16h à 0h, a fim de identificar em quais dos turnos, para cada área de processo, a rotina em questão seria mais arriscada, sobre o ponto de vista de impacto ambiental. Embora não se tenha localizado nenhum estudo científico que comprovasse diferença comportamental ou qualidade dos trabalhos nos diferentes turnos de produção, existe a percepção, entre uma fração dos técnicos de operação, de que o turno das 16h, e, especialmente, o da 0h teria efeito negativo sobre a qualidade da operação. Primeiramente em razão do próprio metabolismo do ser humano, que seria mais propenso a trabalhar durante a luz do dia; em segundo, pela não-presença à alta administração nesses horários, fator este que contribuiria para desmotivar os operadores ou fazer até com que eles negligenciassem alguma atividade por falta da vigilância, pois não teriam ninguém de peso na empresa para mostrar ou valorizar o trabalho desenvolvido; embora, normalmente, exista um supervisor do turno que, teoricamente, representa a própria diretoria da empresa, quando esta está ausente. No entanto, são apenas hipóteses sem comprovações científicas, colhidas no dia a dia entre os profissionais da operação.

Finalmente, para as três áreas de processo, questionou-se se aquele procedimento operacional provocaria impacto ambiental por meio de uma operação de campo ou uma operação de painel.

Com essa série de questionamentos, para cada rotina operacional, procurou-se priorizar, valendo-se da visão do operador de processo, todas as rotinas que foram julgadas mais importantes, para se desenvolver um trabalho de prevenção da poluição.

A identificação do entrevistado foi feita por meio de perguntas que integraram o questionário de pesquisa. Essas perguntas tiveram como objetivo conhecer melhor os técnicos entrevistados e as empresas onde trabalhavam, bem como traçar um perfil desse universo.

O técnico entrevistado foi identificado com nome, função ou formação profissional e tempo de experiência na empresa. A identificação das empresas entrevistadas se deu pelo nome, principais produtos, tempo de existência e endereço.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

3. METODOLOGIA

3.2 Coleta / Tratamento dos Dados

O trabalho de coleta de dados iniciou-se com um primeiro contato, feito via *e-mail*, com os dirigentes das empresas. Nesse primeiro contato, foi feita a apresentação do trabalho com ênfase aos objetivos e à metodologia de coleta de dados e à apresentação do questionário. Em seguida, contato telefônico foi feito com as empresas que se interessaram em participar do processo e agendada uma reunião com os operadores para a apresentação do trabalho e resposta ao questionário. No geral, o questionário foi respondido em duplas e era estimulada uma discussão para melhor aproveitamento do conhecimento desses técnicos. Em média, os questionários foram respondidos entre 35 e 60 minutos.

Para o tratamento dos dados adquiridos durante a pesquisa, foram utilizadas planilhas eletrônicas. O anexo 2 apresenta a tabulação dos dados coletados.

3.2.1 Introdução

Com base na teoria disponível, apresentada na introdução desta monografia, e na experiência dos autores, na área de operação e meio ambiente foram selecionadas 50 rotinas de operação na indústria para serem aplicadas ao questionário.

Deve ser lembrado que a intenção dessa etapa do trabalho é classificar as rotinas, em ordem da mais impactante para a menos impactante, para o meio ambiente.

As 50 rotinas selecionadas e descritas, conforme apresentadas no questionário, foram:

- amostragem para análise de correntes de processo;
- bombeamento de fluido (líquido ou gás), operações de alinhamento e movimentação de fluido por tubulação;
- lavagem de área, considerando neste caso piso e equipamentos externamente;
- limpeza de filtros;
- steam out de equipamentos e tubulação que significa o uso de vapor vivo para desobstruí-los ou limpá-los;
- uso de mangote como via alternativa para o processo em casos de obstrução, carga alta, operações de carregamento ou descarga de carretas;
- drenagem de equipamentos para realização de serviços de manutenção ou para troca de campanha;
- paradas de planta, conjunto de operações de parada que podem impactar o meio ambiente;
- partidas de planta, conjunto de operações de partida que podem impactar o meio ambiente;
- mudanças de campanha em casos de planta multipropósito ou de grades diferentes do mesmo

produto;

- transferência de sólidos na área de armazém (matéria prima), como produto acabado ou como produto intermediário;
- operação de chaminés e lavadores de gases;
- descontrole de pressão em seções do processo;
- descontrole de nível em tanques e vasos de processo;
- descontrole do tempo de resposta nas malhas de controle;
- gerenciamento de embalagens;
- vazamento em equipamentos enterrados: bacias, canaletas e vasos baixos, por exemplo;
- vazamento em bombas – pela selagem por manutenção de baixa qualidade e por falta de lubrificação;
- vazamento na selagem do compressor;
- presença de líquido/sólido na sucção de compressores;
- vazamento em misturadores – vasos de mistura e agitadores;
- gerenciamento de resíduos;
- falhas na medição de vazão de matéria prima;
- vazamento através de válvulas de alívio e de segurança;
- vazamento no corpo ou gaxeta das válvulas de controle;
- manuseio de matéria prima no estado gasoso;
- descontrole no ciclo de adsorção / desadsorção na operação desses equipamentos;
- descontrole em sistemas de decantação e separação;
- contaminação do solvente ou corrente aquosa gerando resíduo-extratora;
- regulagem na queima de fornos e liberação de emissões gasosas e sólidas;
- perfil oscilante da destilação – pressão, temperatura, refluxo, ap;
- controle do sistema de água gelada - vazão e temperatura;
- descontrole em sistema de separação por criogenia, pressão e vazão;

- controle do sistema de resfriamentos;
- furo em trocadores de calor;
- sujeiras em trocadores de calor;
- contaminação por sistemas de equalização de pressão caso ocorra oscilação de pressão em um equipamento afeta a performance do vizinho;
- contaminação por sistemas de inertização em que a queda da pressão de N_2 pode provocar problemas;
- contaminação por sistemas de venteio, obstruções e excesso de pressão forçam o venteio para a atmosfera;
- vazamentos / perdas no manuseio de produtos acabados;
- formação de resíduos por descontrole de reação química – estequiometria;
- geração de resíduos por descontrole de reação química – temperatura;
- geração de resíduos por descontrole de reação química – agitação / contaminação;
- descontrole de processo por baixa qualidade da corrente de reciclo;
- descontrole do sistema de vácuo;
- aquecimento deficiente de tubulações;
- vazamento por flange de tubulação;
- vazamento por ataque externo de tubulação;
- vazamento em válvulas de bloqueio.

Para complementar o levantamento de dados, foram inseridos os seguintes questionamentos complementares:

- Em quais áreas da produção esses cenários possuem maior risco de provocar impacto ambiental, efluente / utilidades, processo ou tancagem / movimentação de materiais? Priorize.
- Quais os turnos que têm maior probabilidade de ocorrer esse cenário, da 0h às 8h ou das 8h às 16h?
- Em que área específica esses cenários são iniciados? Campo ou painel

O questionário foi aplicado em cinco indústrias do Pólo Petroquímico de Camaçari e sua aplicação foi realizada no horário de trabalho (turno) ou após o turno das 16h.

Cada questionário foi respondido em dupla para facilitar a discussão. Cada empresa colocou à disposição

diversos técnicos que representaram grande faixa de experiência. Foram apresentados operadores com mais de 20 anos de experiência até operadores com cerca de 1 ano de experiência.

3.2.2 Critérios para a Estatística

Nessa etapa foram discutidos os vários critérios adotados para a análise estatística dos resultados uma vez que, como já dito, para uma mesma rotina operacional foram feitos vários questionamentos diferentes em forma.

3.2.2.1 Classificação quanto ao Impacto ao Meio Ambiente

O operador, ao responder que determinado Cenário tem pouco impacto, recebe peso 1, médio impacto recebe peso 2 e alto impacto recebe peso 3.

Para o processamento dos dados, foi formatada uma planilha em Excel em que cada questionário respondido quanto ao impacto é preenchido com 1, 2 ou 3.

Para a melhor apresentação do gráfico de barras, incluímos valores multiplicativos adicionais, ou seja, o valor final ficou assim distribuído:

$$\text{Pouco impacto} = 1 (\text{peso}) * 0,5(\text{valor}) = 0,5(\text{valor final})$$

$$\text{Médio impacto} = 2 * 4 = 8$$

$$\text{Alto impacto} = 3 * 10 = 30$$

Dessa forma, tomando-se como exemplo o cenário "Descontrole na reação" e escolhendo-se aleatoriamente três questionários. Assumindo-se essa rotina, obteve-se classificação médio impacto para dois questionários e baixo impacto para 1 questionário e tem-se:

$8(\text{médio impacto}) * 2(\text{nº de questionários}) + 1 * 0,5 = 16,5(\text{valor final})$, portanto esta rotina obteve 16,5 pontos nestes questionários.

3.2.2.2 Classificação quanto à Área mais provável de Gerar o Impacto

Essa classificação é feita por atribuição de valores, dessa forma foi atribuído valor 3 para a área mais provável de gerar o cenário, valor 2 para a área com probabilidade média e valor 1 para a área com baixa probabilidade.

Se, por exemplo, três questionários são respondidos (no caso do cenário "descontrole na reação"), e nos três questionários foi atribuído que, para essa rotina, na área de processo o risco ambiental é maior, seguido pela área de tancagem e por fim a de utilidades, tem-se:

$$\text{Processo} = 3(\text{valor}) * 3(\text{Nº de questionários}) = 9 (\text{valor final})$$

$$\text{Tancagem} = 2 * 3 = 6$$

$$\text{Utilidades} = 1 * 3 = 3$$

Fazendo-se esse procedimento para todos os questionários, obteve-se a pontuação que cada rotina recebeu em área de processo, ou seja, a área que apresentou maior somatório de pontos é a área onde esta rotina tem maior potencial de impacto.

3.2.2.3 Classificação quanto ao Turno e Geração do Impacto pelo Campo / Painel

Essa classificação foi feita por contagem simples, ou seja, cada marcação que uma rotina obtém, quando avaliada quanto ao turno, para cada área de processo, equivale a 1 ponto. O turno que obtiver o maior somatório de pontos, por área de produção, será o turno onde o risco de impacto é maior nesta área.

O mesmo procedimento foi adotado para avaliar se o risco de impacto ambiental é proveniente de uma operação de campo ou de uma operação de painel.

Como exemplo, analisando 3 questionários quaisquer podemos ter, entre outras, as seguintes situações:

Área de Processo =>

- 2 marcações para o turno da 0h às 8h, isto é, 2 pontos
- 1 marcação para o turno das 16h à 0h, isto é, 1 ponto
- 3 marcações para operação de campo, isto é, 3 pontos

Área de tancagem =>

- 3 marcações para o turno da 0h às 8h, isto é, 3 pontos
- 2 marcações para operação de campo, isto é, 2 pontos
- 1 marcação para operação de painel, isto é, 1 ponto

Área de utilidades =>

- 3 marcações para o turno das 8h às 16h, isto é 3 pontos e
- 3 marcações par campo e painel, isto é., 3 pontos para cada um.

Adotando esse procedimento para todas as rotinas e questionários e fazendo-se o somatório para cada item da questão, obtém-se os turnos e os tipos de operação, campo ou painel que deram a essas rotinas a possibilidade de maior ou menor impacto ambiental. Quanto maior o valor encontrado, maior será o risco nesse turno ou maior será a indicação de a operação ser de campo ou painel, a depender de qual dos dois, destes últimos, obteve a maior valor.

3.2.3 Classificação das Rotinas quanto ao Impacto ao Meio Ambiente

Para permitir a classificação das rotinas, é feita a soma dos pontos por operação e do total tira-se os percentuais de cada rotina. Assim chegou-se aos resultados abaixo listados:

48	Vazamento por flange de tubulação	125,00	3,74308
18	Vazam. em bombas - selagem, manutenção e lubrificação	111,00	3,32385
50	Vazamento em válvulas de bloqueio	108,50	3,24899
23	Gerenciamento de resíduos	101,50	3,03938
36	Furo em trocadores de calor	100,00	2,99446
12	Operação de chaminés e lavadores de gases	99,00	2,96452
7	Drenagem de equipamentos	95,50	2,85971
49	Vazamento por ataque externo de tubulação	95,00	2,84474
13	Descontrole de pressão	91,00	2,72496
46	Descontrole do sistema de vácuo	90,50	2,70999
15	Descontrole do tempo de resposta nas malhas de controle	90,00	2,69501
14	Descontrole de nível	89,50	2,68004
29	Descontrole em sistemas de decantação e separação	88,00	2,63513
17	Vazamento em equipamentos enterrados	86,00	2,57524
43	Geração de resíduo por descontr. de reação quím. – temp.	83,50	2,50037
8	Paradas de planta	82,50	2,47043
41	Vazamentos / perdas no manuseio de produtos acabados	81,00	2,42551
37	Sujeiras em trocadores de calor	80,00	2,39557
25	Vazamento por válvulas de alívio e de segurança	75,00	2,24585
47	Aquecimento deficiente de tubulações	74,00	2,2159
26	Vazamento no corpo ou gaxeta das válvula de controle	72,00	2,15601
9	Partidas de planta	72,00	2,15601
2	Bombeamento de fluido (líquido ou gás)	72,00	2,15601
31	Regulagem na queima de fornos	72,00	2,15601
24	Falhas na medição de vazão de matéria prima	72,00	2,15601
4	Limpeza de filtros	72,00	2,15601
44	Ger. de resíduo por descontrole de reação química. – agitação / contaminação	69,50	2,08115
5	Steam out de equipamentos e tubulação	67,00	2,00629
42	Formação de resíduo por descontrole de reação quím. – estequiometria	66,50	1,99132
35	Controle do sistema de resfriamentos	66,00	1,97634
22	Vazamento em misturadores	63,00	1,88651
40	Contaminação por sistemas de venteio	63,00	1,88651
6	Uso de mangote	59,50	1,7817
11	Transferência de sólidos	57,00	1,70684
21	Presença de líquido/sólido na sucção de compres.	55,00	1,64695
10	Mudanças de campanha	53,50	1,60204
38	Contaminação por sistemas de equalização de pressão	53,00	1,58706
3	Lavagem de área	50,50	1,5122
34	Descont. em sist. de separação por criogenia, pres. e vazão	47,00	1,4074

1	Amostragem	47,00	1,4074
20	Vazamento na selagem do compressor	46,50	1,39242
27	Manuseio de matéria prima no estado gasoso	45,50	1,36248
30	Contam. do solvente ou corrente aquosa gerando resíduo – extratora	42,50	1,27265
39	Contaminação por sistemas de inertização	35,50	1,06303
32	Perfil oscilante da destilação	27,50	0,82348
45	Descont. de proc. por baixa qualidade da corrente reciclo	26,00	0,77856
33	Controle do sistema de água gelada - vazão e temperatura	21,50	0,64381
28	Descontrole no ciclo de adsorção / desorção	17,00	0,50906
16	Gerenciamento de embalagens	13,00	0,38928

Para melhor compreensão dos dados acima, é apresentado no anexo 3 uma representação gráfica em forma de barras, na qual se pode visualizar a priorização das rotinas operacionais quanto ao seu potencial de impacto ambiental.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

4. ANÁLISE DOS DADOS

Conforme já dito, não é proposta deste trabalho analisar todas as rotinas operacionais submetidas à avaliação dos operadores, embora não deixe de ser uma proposta para trabalho futuro. Para este trabalho, foram escolhidas, por meio de minuciosa avaliação estatística, as rotinas com maior representação na operação das indústrias químicas e petroquímicas, e também com um maior potencial de impacto ao meio ambiente. Mediante as rotinas escolhidas pretendeu-se também atingir o segundo objetivo, ou seja, apresentar um método e, por meio dele, possibilitar que qualquer profissional, com formação específica na área, possa analisar as rotinas que lhe aprouver. Diante desse fato, as rotinas serão divididas em grupos e então serão proferidas as análises.

4.1 As dez rotinas operacionais mais impactantes

4.2 As dez rotinas operacionais menos impactantes

4.3 Possibilidade de ranking para impacto ambiental

4.4 Impacto ambiental por área, horário de turno e onde é gerado

4.5 Um detalhamento maior das cinco mais

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

4. ANÁLISE DOS DADOS

4.1 As Dez Rotinas Operacionais mais Impactantes

Não há dúvidas que o ideal seria que todos os procedimentos operacionais fossem perfeitos, como isso ainda não é possível, a forma de se iniciar este processo de otimização operacional é, primeiramente, escolher um grupo de rotinas e trabalhar em cima delas.

Com base na amostragem proferida, abaixo serão mostradas e analisadas as dez rotinas operacionais que, na opinião dos técnicos entrevistados, possuem maior potencial de impacto ao meio ambiente na indústria do Pólo Petroquímico de Camaçari. É importante lembrar que se trata de amostragem estatística respaldada em indústrias escolhidas aleatoriamente, o que de forma alguma compromete a veracidade e qualidade das informações.

De acordo com os resultados apresentados, as dez rotinas escolhidas foram:

- vazamento por flange de tubulação;
- vazamento em bombas – selagem, manutenção e lubrificação;
- vazamento em válvulas de bloqueio;
- gerenciamento de resíduos;
- furo em trocador de calor;
- orenagem de equipamentos;
- vazamento por ataque externo de tubulação;
- operação de chaminés e lavadores de gases;
- descontrole de pressão;
- descontrole de sistema de vácuo.

De forma geral, serão feitos comentários sobre as rotinas apresentadas acima enfocando aspectos de projeto, manutenção, operação, processo e gerenciamento.

4.1.1 Projeto / Manutenção

O vazamento por flange de tubulação destaca-se como a rotina que mais impacta e tem muito a ver com propriedades do fluido, projeto e manutenção.

Também o vazamento em válvulas de bloqueio possui características semelhantes ao flange de tubulação, complementando com o manuseio das válvulas pela operação, um vez que o cuidado operacional tem relação direta com a conservação desses acessórios.

Já o vazamento por ataque externo demonstra carência de proteção e manutenção das tubulações na área industrial.

4.1.2 Operação

O vazamento em bombas depende principalmente do conhecimento e experiência dos operadores,

principalmente na partida e parada, com situações normais ou anormais de processo. Também influencia neste caso as rotinas de manutenção.

A drenagem de equipamentos depende muito da avaliação da operação dos riscos para os efluentes da fábrica.

Operação de chaminés e de lavadores cáusticos depende principalmente da habilidade da operação.

4.1.3 Processo

Os furos em trocadores de calor normalmente são causados por fluido com alto teor de corrosão ou material inadequado, a fadiga do material também não deixa de ser causa, Os riscos podem ser minimizados com inspeção de qualidade e manutenção preventiva.

Descontrole de pressão normalmente é provocado pelo próprio sistema de controle de processo ou por capacidade inadequada dos vasos e sistemas.

Por outro lado, o descontrole do sistema de vácuo pode ser provocado por falha de equipamento ou por variação do processo.

4.1.4 Gerenciamento

Como controlar os resíduos gerados, embora não seja uma rotina operacional, foi classificada como uma atividade na indústria com grande potencial de contaminação do meio ambiente. Portanto é responsabilidade da gerência a adoção de rotinas de trabalho específicas para inibir que o resíduo gerado tenha destinos não controlados.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

4. ANÁLISE DOS DADOS

4.2 As Dez Rotinas Operacionais menos Impactantes

Como ilustração serão também comentadas as 10 rotinas escolhidas como as que menos impactam o meio ambiente, na indústria do Pólo Petroquímico de Camaçari, com base na amostragem de cinco empresas.

São elas:

- amostragem;
- vazamento na selagem do compressor;
- Manuseio de matéria prima no estado gasoso;
- contaminação do solvente ou corrente aquosa gerando resíduo-extratora;
- contaminação por meio de sistemas de inertização;

- perfil oscilante da destilação;
- descontrolo de processo por baixa qualidade da corrente de reciclo;
- controlo do sistema de água gelada – vazão e temperatura;
- descontrolo no ciclo adsorção / desorção;
- gerenciamento de embalagens.

4.2.1 Movimentação de Materiais

Nota-se que gerenciamento de embalagens é a rotina que menos impacta, e isso é simplesmente uma questão de organização e de destinação.

Também o manuseio de matéria prima no estado gasoso não se apresenta como problema ambiental importante.

4.2.2 Equipamentos

Observando a posição de risco ambiental na operação de alguns equipamentos, como selagem do compressor, sistemas de adsorção e colunas de destilação, verifica-se que, provavelmente, em virtude do padrão tecnológico alcançado, eles oferecem pouca preocupação aos técnicos de operação, com relação ao impacto ambiental, isso não significa que não sejam operações de potencial risco.

4.2.3 Processo

Há alguns anos, o resultado obtido pela operação de coleta de amostras teria sido diferente, uma vez que os sistemas fechados de amostragem e os analisadores *on line* eram pouco difundidos. Com o advento dessas tecnologias foi dado grande salto na preservação ambiental, e isso foi claramente sentido pelo grupo de operação e transparece que as amostragens feitas na área estão equacionadas em grande parte.

As extratoras não têm sido fontes importantes de contaminação para os solventes e correntes aquosas.

Quanto às correntes de reciclo, segundo a opinião dos operadores, elas não prejudicam o processo em nível de impactar o meio ambiente, no entanto deve-se ter cuidado com esse resultado, pois o reciclo em si pode não impactar, mas um produto fora de especificação ou uma reação descontrolada por desbalanceamento do reciclo, possui ambientalmente alto impacto.

4.2.4 Utilidades

Segundo a pesquisa, nem os cuidados em relação à qualidade da água gelada nem os sistemas de

inertização contribuem de forma importante para impactar o meio ambiente, por isso não é preocupação maior para os profissionais da operação.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

4. ANÁLISE DOS DADOS

4.3 Possibilidade de Ranking para Impacto Ambiental

Para cada rotina e para cada questionário existe um valor atribuído para impacto ambiental. Se, por exemplo, a rotina de vazamento em flange de tubulações é classificada como de alto impacto em 3 questionários, de médio impacto em 1 e de baixo impacto também em 1 questionário, ter-se-á como valor final 98,5 pontos ($3 * 30 + 1 * 8 + 1 * 0,5$ – conforme item 3.2.2.1). A soma do valor final de todas as rotinas para determinada empresa resultará em número global que representa os questionários aplicados nessa empresa (por exemplo 795). Assim, o valor referência (*ranking*) para comparação do nível de impacto ambiental por empresa será o resultado da divisão entre a soma do valor final de todas as rotinas (795) pelo número de questionários aplicados(5). No caso do exemplo citado, o valor referência da empresa é 159. Esse valor pode ser usado para avaliar as práticas operacionais e as necessidades de mudança com base em um padrão médio.

A soma dos pesos alcançada nos questionários aplicados nas empresas totalizou 3 339. Ao se dividir esse valor pelo número de questionários, isto é, 21, será obtido o valor 159, que é um número representativo para essas empresas quanto a impacto ambiental nas rotinas da operação.

Estas considerações somente são possíveis de afirmar quando existe validade estatística: mesmo número de questionário por fábrica, mesmo tempo de experiência por operador, mesmas instruções para responder ao questionário e outros.

Esta monografia não define com precisão o ranking das empresas analisadas, pois não houve constância nos critérios de aplicação dos questionários. No entanto, os valores obtidos refletem uma realidade aproximada com base na observação visual. Ou seja, as empresas que obtiveram menor pontuação possuem aparentemente rotinas operacionais mais controladas quanto ao impacto ambiental.

Analisando-se o formato do gráfico para cada planta, conforme mostra o anexo 4, observa-se que algumas delas possuem o comportamento descrito pelo gráfico de barras na forma de degraus, outras na forma contínua e outras misturando os dois formatos. Provavelmente, o comportamento em degraus demonstra que foram poucos questionários aplicados ou que existe definição clara, entre os operadores, sobre o impacto das rotinas ao meio ambiente.

Algumas plantas alcançaram várias rotinas com pesos máximos elevados e várias com pesos mínimos, praticamente igual a zero, variação brusca, o que, estatisticamente, não teria validação. O baixo número de questionários seria a explicação para esse fato.

Existem diferenças, das rotinas que mais impactam, de uma planta para outra, que demonstram diferenças da natureza dos processos químicos, do nível de preparação da equipe de operação e do gerenciamento das questões ambientais nas fábricas.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

4. ANÁLISE DOS DADOS

4.4 Impacto Ambiental por Área, Horário de Turno e Onde é Gerado

A tabela 3 descreve as rotinas operacionais quanto à área, horário de turno e local iniciador do impacto. Quanto à área, além da somatória de pontos por rotina para as áreas de processo e tancagem, também é calculado o percentual das rotinas que ocorrem no processo. Quanto ao horário de turno, são apresentados os valores e o percentual de vezes que cada rotina ocorre em dado horário do turno. E, finalmente, quanto ao local iniciador do impacto, é apresentado o número de vezes que cada rotina impactante pode ser gerada por uma operação de campo ou painel.

Tabela 3 – Classificação das rotinas quanto à área, horário de turno e local iniciador do impacto.

		Proces	Tanca.	% Proc	0	8	16	%0	%8	% 16	C	P
48	Vazamento por flange de tubulação	60	36	63	36	22	18	47,4	28,9	23,7	57	1
18	Vazam. em bombas - selagem, manutenção e lubrificação	60	40	60	30	28	19	39,0	36,4	24,7	61	0
50	Vazamento em válvulas de bloqueio	57	35	62	36	25	17	46,2	32,1	21,8	57	1
23	Gerenciamento de resíduos	52	29	64	21	40	9	30,0	57,1	12,9	58	0
36	Furo em trocadores de calor	62	25	71	35	24	18	45,5	31,2	23,4	46	5
7	Drenagem de equipamentos	57	36	61	27	34	9	38,6	48,6	12,9	59	0
49	Vazamento por ataque externo de tubulação	55	37	60	28	23	15	42,4	34,8	22,7	54	1
12	Operação de chaminés e lavadores de gases	52	21	71	32	22	12	48,5	33,3	18,2	33	9
13	Descontrole de pressão	59	27	69	41	25	17	49,4	30,1	20,5	21	22
46	Descontrole do sistema de vácuo	59	19	76	29	18	7	53,7	33,3	13,0	29	16
15	Descontrole do tempo de resposta nas malhas de controle	57	24	70	36	24	19	45,6	30,4	24,1	7	37
14	Descontrole de nível	52	41	56	43	27	16	50,0	31,4	18,6	29	23
29	Descontrole. em sistemas de decantação e separação	44	17	72	29	16	9	53,7	29,6	16,7	36	4
17	Vazamento em equipamentos enterrados	41	26	61	29	23	16	42,6	33,8	23,5	37	6
43	Geração de resíduo por descontrole de reação química – temperatura	48	16	75	29	14	6	59,2	28,6	12,2	19	21
8	Paradas de planta	60	32	65	25	33	11	36,2	47,8	15,9	36	8
41	Vazamentos / perdas no manuseio de produtos acabados	45	33	58	28	18	8	51,9	33,3	14,8	46	1
37	Sujeiras em trocadores de calor	62	25	71	33	27	13	45,2	37,0	17,8	45	6
25	Vazamento por válvulas de alívio e de segurança	58	30	66	29	25	16	41,4	35,7	22,9	38	13
47	Aquecimento deficiente de tubulações	51	26	66	28	23	15	42,4	34,8	22,7	39	4
26	Vazamento no corpo ou gaxeta das válvula de controle	62	30	67	36	26	16	46,2	33,3	20,5	51	4
9	Partidas de planta	62	30	67	16	43	5	25,0	67,2	7,8	29	10
2	Bombeamento de fluido (líquido ou gás)	55	48	53	35	29	11	46,7	38,7	14,7	61	2
31	Regulagem na queima de fornos	53	16	77	33	19	12	51,6	29,7	18,8	25	17
24	Falhas na medição de vazão de matéria prima	51	48	52	31	24	12	46,3	35,8	17,9	26	20
4	Limpeza de filtros	62	36	63	15	43	5	23,8	68,3	7,9	62	1
44	Geração de resíduo por descontrole de reação química - agitação / contam.	41	14	75	19	16	5	47,5	40,0	12,5	22	15
5	Steam out de equipamentos e tubulação	59	37	61	31	26	14	43,7	36,6	19,7	57	3
42	Formação de resíduo por descontrole de reação química – estequiometria	43	15	74	27	8	5	67,5	20,0	12,5	23	16
35	Controle do sistema de resfriamentos	56	20	74	25	20	12	43,9	35,1	21,1	30	15

22	Vazamento em misturadores	42	21	67	21	20	7	43,8	41,7	14,6	38	0
40	Contaminação por sistemas de venteio	42	20	68	29	15	7	56,9	29,4	13,7	33	3
6	Uso de mangote	45	47	49	9	37	2	18,8	77,1	4,2	55	0
11	Transferência de sólidos	44	23	66	22	22	11	40,0	40,0	20,0	39	3
21	Presença de líquido/sólido na sucção de compres.	50	21	70	22	19	11	42,3	36,5	21,2	37	7
10	Mudanças de campanha	44	19	70	17	19	5	41,5	46,3	12,2	28	4
38	Contaminação sistemas de equalização de pressão	41	17	71	23	13	5	56,1	31,7	12,2	23	9
3	Lavagem de área	52	38	58	13	51	11	17,3	68,0	14,7	56	0
34	Descontrole em sistema de separação por criogenia, pressão / vazão	26	15	63	12	12	0	50,0	50,0	0,0	15	14
1	Amostragem	55	43	56	38	27	9	51,4	36,5	12,2	63	0
20	Vazamento na selagem do compressor	55	25	69	25	23	13	41,0	37,7	21,3	50	0
27	Manuseio de matéria prima no estado gasoso	35	25	58	17	19	3	43,6	48,7	7,7	33	3
30	Contaminação do solvente ou corrente aquosa gerando resíduo-extratora	25	11	69	18	6	5	62,1	20,7	17,2	22	3
39	Contaminação sistemas de inertização	33	17	66	22	8	6	61,1	22,2	16,7	26	6
32	Perfil oscilante da destilação	39	12	76	21	8	3	65,6	25,0	9,4	17	14
45	Descontrole de processo por baixa qualidade da corrente de reciclo	50	19	72	27	17	11	49,1	30,9	20,0	22	15
33	Controle do sistema de água gelada – vazão e temperatura	41	19	68	23	13	11	48,9	27,7	23,4	26	12
28	Descontrole no ciclo de adsorção/desorção	24	8	75	8	13	3	33,3	54,2	12,5	8	7
16	Gerenciamento de embalagens	29	24	55	9	22	2	27,3	66,7	6,1	31	0
		2407,0	1293,0	1268,0	1109,0	492,0				1815,0	381,0	
		3700,0		2377,0							2196,0	
		3700,0		2377,0							2196,0	

Tabela 3 – Classificação das rotinas quanto à área, horário de turno e local iniciador do impacto.

4.4.1 Quanto à Área - Processo

Ao serem analisados os dados obtidos, verifica-se que a maioria das rotinas tem seu maior potencial de impacto na área de processo.

Para mostrar quais rotinas foram classificadas que apresentam maior potencial de impacto ambiental na área de processo, foram selecionadas as que obtiveram pontuação acima de 70% da somatória dos pontos da área de processo, mais a de tancagem/movimentação, mais a de efluentes/utilidades, a saber:

- furo em trocadores de calor;
- operação de chaminés e lavadores de gases;
- descontrole no sistema de vácuo;
- descontrole do tempo de resposta nas malhas de controle;

- descontrolado em sistemas de decantação e separação;
- geração de resíduo na reação por temperatura;
- sujeira em trocador de calor;
- regulação na queima de fornos;
- geração de resíduo na reação por agitação e contaminação;
- geração de resíduo na reação por estequiometria;
- controle do sistema de resfriamento;
- presença de líquido / sólido na sucção do compressor;
- mudanças de campanha;
- contaminação por sistemas de equalização de pressão;
- perfil oscilante da destilação;
- descontrolado de processo por baixa qualidade da corrente de reciclo;
- descontrolado no ciclo adsorção / desorção.

Trata-se de um resultado coerente, pois todas essas operações são realmente eventos com maior probabilidade de acontecer, principalmente na área de processos da indústria.

As rotinas também presentes no grupo das dez que mais impactam o meio ambiente são três: furo em trocador de calor, a operação de chaminés e lavadores de gases e descontrolado no sistema de vácuo.

4.4.2 Quanto à Área - Tancagem / Movimentação

A maioria das rotinas nessa área foram classificadas como as mais representativas na área de processo e classificadas como as rotinas com maior potencial de impacto ambiental na área de tancagem/movimentação. As rotinas que alcançaram pontuação, na área de processo, abaixo de 55% da somatória dos pontos dessa área, mais a de tancagem / movimentação mais a de efluentes / utilidades são:

- bombeamento de fluidos (líquido ou gás);
- falhas na medição de vazão de matéria prima;
- uso de mangote.

Aqui também se percebe que de forma coerente as rotinas apresentadas acima são eventos com grande probabilidade de acontecer na área em questão de uma indústria.

4.4.3 Quanto ao Horário de Turno da 0h

Para mostrar as rotinas classificadas com maior potencial de impacto ambiental no turno da 0h às 8h da manhã, foram selecionadas as que obtiveram pontuação acima de 50% do somatório dos pontos do referido turno, mais as rotinas do turno das 8h às 16h e as do turno das 16h às 0h, São elas:

- descontrola do sistema de vácuo;
- descontrola de nível;
- descontrola de decantação e de separação;
- geração de resíduo na reação por descontrola na temperatura;
- vazamentos / perdas no manuseio de produtos acabados;
- regulação na queima de fornos;
- geração de resíduo na reação por descontrola na estequiometria;
- contaminação através de sistemas de venteio;
- contaminação por sistemas de equalização de pressão;
- descontrola em sistemas de separação por criogenia – pressão e vazão
- amostragem;
- contaminação de solvente ou corrente aquosa – extratora;
- contaminação por sistemas de inertização;
- perfil oscilante da destilação.

Verificou-se que quatorze das cinquenta rotinas questionadas obtiveram pontuação acima de 50% e identifica o turno da 0h às 8h da manhã como o turno de maior risco.

Diversos fatores poderiam ser identificados como a causa para o alto índice de risco nesse turno. Pode-se supor:

- falta de apoio do pessoal do administrativo;
- maior desatenção dos técnicos da operação;
- clima, isto é, temperaturas mais baixas podem causar algum efeito no desempenho do técnico;
- maior ou menor concentração de rotinas durante as 8h de trabalho;

- menor compromisso dos técnicos com a qualidade do trabalho, por não ter o grupo de gerência e diretoria para cobrar resultados efetivos;
- falta de chefia, nesse horário, que realmente represente a alta administração da empresa para apreciar e valorizar a qualidade do trabalho da equipe;
- sono, isto é, o organismo humano reconhece o turno da noite como sendo naturalmente o horário de relaxamento.

Embora não haja respaldo científico que comprove qualquer um dos fatores citados, eles são percepções de grande parte dos profissionais que trabalham em regime de turno. Percepções essas que, em hipótese alguma, podem ser desprezadas, pois retratam a própria visão que o profissional de operação tem da sua realidade.

4.4.4 Quanto ao Horário de Turno das 8h às 16h

Neste item também serão mostradas as rotinas que obtiveram pontuação acima de 45% de probabilidade de ocorrer no turno das 8h às 16h, ou seja:

- gerenciamento de resíduos;
- drenagem de equipamentos;
- paradas de planta;
- partidas de planta;
- limpeza de filtros;
- uso de mangote;
- mudanças de campanha;
- lavagem da área;
- descontrola em sistemas de separação por criogenia – pressão e vazão;
- manuseio de M-P no estado gasoso;
- descontrola no ciclo adsorção / desorção.

As rotinas acima têm uma característica comum, isto é, no geral elas dependem ou são acionadas pelo administrativo ou, ainda, para sua execução, precisam da equipe de manutenção que normalmente trabalha somente no horário administrativo. Esse fator justifica sua classificação no turno das 8h às 16h.

4.4.5 Quanto ao Horário de Turno das 16h às 0h

Em razão dos dados apresentados, pode-se observar que as rotinas com maior probabilidade de ocorrer no turno das 16h são:

- vazamentos por flange de tubulação;
- vazamento em bombas;
- furo em trocadores de calor;
- descontrole do tempo de resposta nas malhas;
- vazamento em equipamentos enterrados;
- controle do sistema de água gelada.

Não se pode considerar que a porcentagem de presença dessas rotinas no turno das 16h à 0h seja elevada, mas é interessante observar que elas ocorrem; e mesmo não sendo objetivo deste trabalho explicar o porquê dessas ocorrências, é importante levantar alguns questionamentos que até pareçam absurdos. São eles:

- por que os furos em trocadores de calor ocorrem mais às 16h?
- por que os problemas em bombas também ocorrem com esta frequência?
- a operação, durante o horário administrativo, deixa problemas para o turno das 16h à 0h? Por quê?
- as consequências da temperatura mais quente durante o dia são mais sentida às 16h?

4.4.6 Quanto ao Local Iniciador - Campo

Abaixo serão apresentadas as rotinas que alcançaram peso acima de 55 quando analisadas quanto ao seu início ser provocado por operações de campo:

- vazamentos por flange de tubulação;
- vazamento em bombas;
- vazamento em válvulas de bloqueio;
- gerenciamento de resíduos;
- drenagem de equipamentos;
- bombeamento de fluido (líquido ou gás);

- limpeza de filtros;
- *steam out* de equipamentos e tubulação;
- uso de mangote;
- lavagem da área;
- amostragem.

As rotinas apresentadas neste item servem também para comprovar a atenção dos técnicos no momento de responder ao questionário, pois obtivemos resultados bastante coerentes, ou seja, realmente estas rotinas tratam-se de operações realizadas pelo campo.

4.4.7 Quanto ao Local Iniciador - Painel

Abaixo serão apresentadas as rotinas que alcançaram peso acima de 20 quando analisadas quanto ao seu início ser provocado por operações de painel:

- descontrole de pressão;
- descontrole do tempo de resposta nas malhas;
- descontrole de nível;
- geração de resíduo na reação – temperatura;
- falhas na medição de vazão de matéria prima.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

4. ANÁLISE DOS DADOS

4.5 Um Detalhamento maior das Cinco Mais

Como o objetivo é reduzir o foco principal em menor número de rotinas e trabalhá-las com maior riqueza de detalhes, foram escolhidas, após avaliação estatística dos questionários respondidos, as cinco rotinas operacionais que, na visão dos operadores de processo, possuem maior potencial de impacto ambiental, a saber:

- vazamento por flange de tubulação;
- vazamento por bomba – selagem, manutenção e lubrificação;
- vazamento em válvulas de bloqueio;

- gerenciamento de resíduos
- furo em trocador de calor.

Em virtude do seu grande potencial de risco, essas rotinas foram escolhidas a fim de serem analisadas pela metodologia do ENVOP. Abaixo será apresentado o levantamento de informações teóricas para enriquecimento da análise de risco ambiental, a análise de risco propriamente dita e detalhamento do cenário com informações abrangentes:

4.5.1 Vazamento por Flange de Tubulação

A escolha do material adequado para determinada aplicação pode ser um problema difícil, cuja solução depende principalmente da pressão e temperatura de trabalho do fluido conduzido (aspectos de corrosão e de contaminação), do custo, do maior ou menor grau de segurança exigido, das sobrecargas externas que existirem e também, em certos casos, da resistência ao escoamento do fluido.

4.5.1.1 Ligações Flangeadas

Uma ligação flangeada é composta de dois flanges, um jogo de parafusos ou estojos com porcas e uma junta de vedação.

As ligações flangeadas, que são ligações facilmente desmontáveis, empregam-se principalmente para tubos de 2" ou maiores, em dois casos específicos:

1. para ligar os tubos com as válvulas, com os equipamentos (bombas, compressores, tanques, vasos, etc.) e também em determinados pontos, no correr da tubulação, onde facilidade de desmontagem seja necessária. Também são empregadas nas tubulações em que, para ligar uma vara na outra, sejam usados normalmente outros tipos de ligação: solda, rosca, ponta e rosca. Estão incluídas neste caso todas as tubulações de aço, ferro forjado, metais não ferrosos e grande parte das tubulações de plásticos, em que se empregam normalmente as ligações de solda ou de rosca. Incluem-se também a maioria das tubulações de ferro fundido, cujas varas de tubo são usualmente ligadas com ponta e bolsa.
2. para a ligação corrente de uma vara na outra, em tubulações de aço que possuam revestimento interno anticorrosivo, bem como em algumas tubulações de ferro fundido ou de plástico laminados com 2" ou maiores. No caso de tubulações com revestimentos internos, a ligação flangeada é a melhor solução porque permite a perfeita continuidade do revestimento, desde que este se estenda também sobre as faces dos flanges.

Como regra geral, em qualquer caso, as ligações flangeadas devem ser empregadas em menor número possível, porque são sempre possíveis pontos de vazamentos, e também porque são peças caras, pesadas e volumosas.

Os flanges podem ser integrais, isto é, fundidos ou forjados juntamente com o tubo, ou independentes, soldados ou rosqueados ao tubo. Os flanges de válvulas, bombas, compressores, turbinas e outras máquinas são quase sempre integrais com esses equipamentos.

Tipos de flanges:

- flange integral – ferro fundido e plásticos;
- flange de pescoço – mais usado na indústria (diâmetros de 2" ou maiores);
- flange sobreposto – barato, facilita o alinhamento – para serviços não severos;
- flange rosqueado – para tubos de metais não soldáveis;
- flange de encaixe – semelhante ao sobreposto – diâmetros inferiores a 2 " e
- flange solto – deslizam livremente até a pestana.

Faceamento dos flanges:

- face com ressalto – mais comum;
- face plana – ferro fundido e materiais frágeis;
- face para junta de anel – para serviços severos, altas pressões e temperaturas;
- face de macho e fêmea – usados para fluidos corrosivos.

Juntas para flanges:

Juntas são elementos de vedação, usadas para evitar vazamento nas conexões com flanges.

Quando em serviço, a junta está submetida a forte compressão provocada pelo aperto dos parafusos, e também a esforço de cisalhamento em virtude da pressão interna do fluido circulante. Para que não haja vazamento através da junta, é necessário que a pressão exercida pelos parafusos seja superior à pressão interna do fluido que tende a afastar os flanges. Por esse motivo, quanto maior a pressão do fluido tanto mais dura e resistente terá de ser a junta para resistir ao duplo esforço de compressão dos parafusos e de cisalhamento por pressão.

A junta também deverá ser suficientemente deformável e elástica para se moldar às irregularidades das superfícies dos flanges e garantir a vedação.

4.5.1.2 Fatores que Afetam a Estanqueidade das Tubulações / Flanges

- Fluido conduzido** – Os seguintes aspectos relativos ao fluido conduzido devem ser considerados: natureza e concentração do fluido; impurezas e contaminantes presente; existência ou não de gases dissolvidos e de sólidos em suspensão; temperatura; PH; flamabilidade; ponto de fulgor; toxidez; explosividade; ataque; corrosivo a materiais.
- Condição de serviço** – O material tem de ser capaz de resistir à pressão em toda faixa possível de variação de temperatura.
- Níveis de tensão no material** – O material deve resistir aos esforços solicitantes e, por isso, sua resistência mecânica deve ser compatível com o nível de tensões.

- d. **Natureza dos esforços mecânicos** – Independente do nível de tensões, a natureza dos esforços existentes (tração, compressão, flexão, esforços estáticos ou dinâmicos, choques, vibrações, etc.).
- e. **Segurança** – Quando o risco potencial do local ou da tubulação for grande ou quando o serviço da tubulação for muito importante, é preciso empregar materiais que ofereçam máxima segurança a fim de evitar rupturas, vazamentos ou outros acidentes que possam resultar em paralisação do sistema ou mesmo em prejuízos ou desastres.
- f. **Boas práticas de manutenção para serviços em tubulação** – dispor de materiais adequados para a realização do serviço, juntas, flanges, solda; manter a tubulação liberada e disponível para o serviço; competência técnica para a montagem e desmontagem de tubulações.

4.5.1.3 ENVOP e Cenários

A técnica ENVOP de avaliação de risco ambiental já foi descrita no item 2.1 desta monografia.

O Envop e Cenários para vazamento por flange de tubulação se encontra no anexo 5A.

4.5.2 Vazamento em Bombas em Razão de Falhas na Selagem, Falta de Lubrificação ou Manutenção Inadequada

Juntamente como os acessórios de tubulação, as bombas são os equipamentos mais comuns encontrados praticamente na totalidade das indústrias químicas e petroquímicas, e, em virtude desse fato, será dispensado ao equipamento maior atenção, na revisão bibliográfica.

4.5.2.1 Defeitos e Causas

As bombas rotativas, do mesmo modo que as bombas centrífugas, exigem usualmente pouca atenção enquanto estão operando; entretanto, a maioria dos problemas pode ser evitado, se às bombas for dada uma pequena atenção, ao invés de nenhuma. Algumas das mais freqüentes causas de defeitos são indicadas a seguir:

1. A vazão bombeada é nula - Se a vazão é nula, as seguintes causas e passos deverão ser seguidos:

- Parar a bomba imediatamente;
- Verificar se a bomba esta escorvada, se não, escorva-la, ou seja, garantir presença de fluido na sucção da bomba, de modo que ocorra o bombeamento;
- A altura de sucção deverá ser excessivamente grande. Verificar este fato com um vacuômetro na sucção. Se a altura de sucção for muito grande, abaixar a posição da bomba e aumentar o diâmetro do tubo de sucção. Verifique se há bolsas de ar no tubo de sucção;
- sentido de rotação está incorreto.

2. Vazão insuficiente - Se a vazão é insuficiente uma das seguintes causas poderá ser a responsável:

- Há vazamento de ar na linha de admissão e/ou caixa de gaxetas. Lubrificar e apertar a sobreposta da caixa de gaxetas. Vedar as juntas dos tubos de admissão;
- A velocidade é muito baixa. o RPM deverá ser verificado. O equipamento de acionamento poderá estar sobrecarregado, ou a causa poderá ser baixa voltagem no suprimento de energia;
- A altura de sucção deverá ser excessivamente grande. Verificar este fato com um Vacuômetro na sucção. Pequenas parcelas em alguns líquidos vaporizam facilmente e ocupam uma porção do deslocamento útil;
- Alturas de sucção muito grandes para líquidos quentes;
- A bomba poderá estar defeituosa;
- A válvula de pé pode não estar suficientemente submersa;
- A válvula pé poderá ser demasiadamente pequena ou estar obstruída.
- A tubulação está instalada inadequadamente, possibilitando a presença de bolsas de ar dentro da bomba;
- Defeitos mecânicos, tais como defeito na vedação ou na bomba.

3. A bomba recalca por pouco tempo e para - Este pode ser o resultado de uma das seguintes causas:

- Vazamento na tubulação de admissão;
- A válvula de pé pode não estar suficientemente submersa;
- Existe ar ou gás no líquido;
- A alimentação extingui-se;
- Ocorre vaporização no tubo de admissão. Verificar isto com um manômetro para verificar se a pressão na bomba é maior que a pressão de vapor do líquido;
- Existência de bolsa de ar na sucção da bomba;
- A bomba está prejudicada pela presença de algum material abrasivo no líquido.

4. Desgaste rápido - Algumas causas de desgaste rápido na bomba são:

- Existe impurezas sólidas no líquido que está sendo bombeado. Uma tela fina ou filtro pode ser instalada na tubulação de sucção;
- Deformação do tubo junto da carcaça da bomba provoca o contato entre as peças. O alinhamento deverá ser verificado para se saber se este é o fator responsável pelo rápido desgaste;

- A bomba opera com carga excessiva;
- A corrosão provocou rugosidade na superfície;
- A bomba trabalha seca ou com pouco líquido.

5. A bomba requer demasiada potência - Demasiada potência para operar a bomba pode ter uma das seguintes causas:

- Velocidade excessiva;
- Defeitos mecânicos, tais como eixo fletido, roçamento entre as peças móveis, caixa de gaxetas excessivamente apertadas e desalinhamento causado por conexões inadequadas das tubulações ou a instalação na fundação foi feita de tal forma que a base está fletida;
- Desalinhamento do acoplamento.

6. Ruído - As causas do ruído podem ser:

- Abastecimento insuficiente, o que pode ser devido à vaporização do líquido na bomba. Isto pode ser corrigido baixando-se a cota da bomba e/ou aumentando-se o diâmetro da tubulação de admissão;
- Entrada de ar na tubulação pode causar ruído de cavitação na bomba;
- Bolsas de ar na tubulação de admissão;
- A bomba está desalinhada, ocasionando contato metálico entre o rotor e a carcaça;
- Operação contra carga excessiva;
- Acoplamento desbalanceado.

7. Coluna dinâmica ou carga total - A "coluna dinâmica" ou "carga total" precisa ser calculada antes que a potência necessária para acionar a bomba possa ser determinada. A coluna dinâmica, freqüentemente referida como carga total consiste de: "altura dinâmica de sucção" mais a "altura dinâmica de recalque".

4.5.2.2 Componentes das Bombas Centrífugas

1. Carcaça - Envolve o rotor, contém o líquido dentro do qual gira o impelidor, outra função é reduzir a velocidade do líquido transformando a energia cinética em energia de pressão, o que é feito por meio de voluta ou difusor.

1.a Carcaça em voluta

1.b Carcaça com difusor

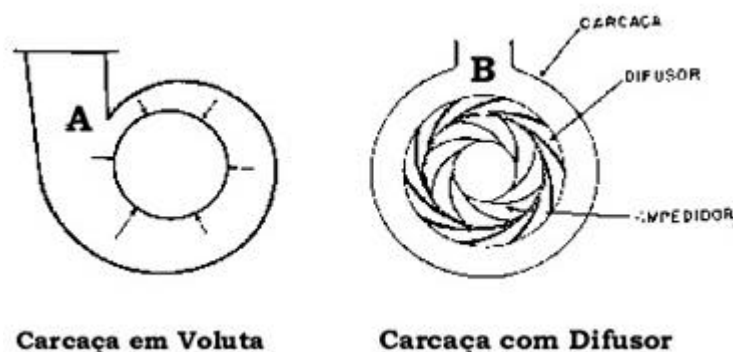


Figura 1

2. Impelidor (rotor) - É o coração da bomba. Recebe a energia do eixo e a transfere para o líquido. Podem ser classificados em:

2.a Quanto ao modelo e forma das pás

- **Impelidor de pás retas** - A superfície das pás são geradas por linhas retas, sendo também chamados por "impelidores de pás de simples curvatura".
- **Impelidor *Francis-Vane*** - A superfície das pás possui dupla curvatura, sendo também chamado de *Francis-Screw-Vane*
- **Impelidor *Mixed Flow*** - Apresenta o fluxo radial e axial. Geralmente sua aplicação, restringe-se a bombas com velocidade específica acima de 4200.
- **Impelidor *Propeller* ou de fluxo axial** - Apresenta um fluxo axial, ou seja paralelo ao eixo.

2.b Aberto, semi-aberto e fechado

- **Aberto** - As palhetas são reforçadas por uma parede reduzida como um pé de pato. São utilizados para líquidos contendo matérias sólidas, líquido de alta viscosidade, ou líquido abrasivo.
- **Semi-aberto** - Com parede lateral em apenas um dos lados.
- **Fechado** - Tem duas paredes laterais às palhetas. São os mais utilizados.

Rotor Aberto

Rotor *Mixed-Flow*

- ROTOR ABERTO
- ROTOR *MIXED-FLOW*

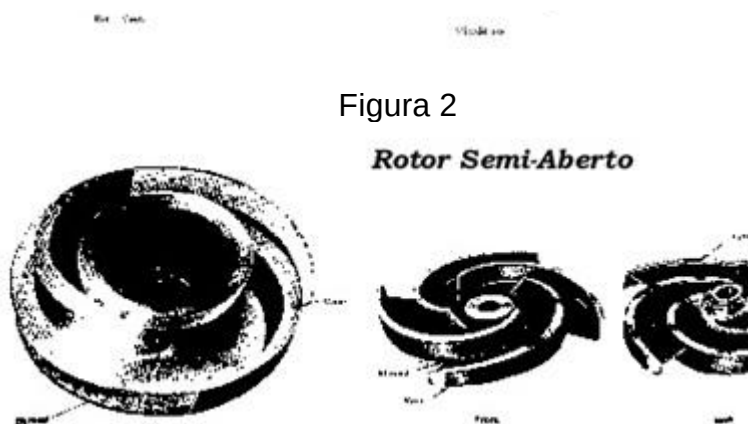


Figura 2

Rotor Semi-Aberto

- ROTOR SEMI-ABERTO

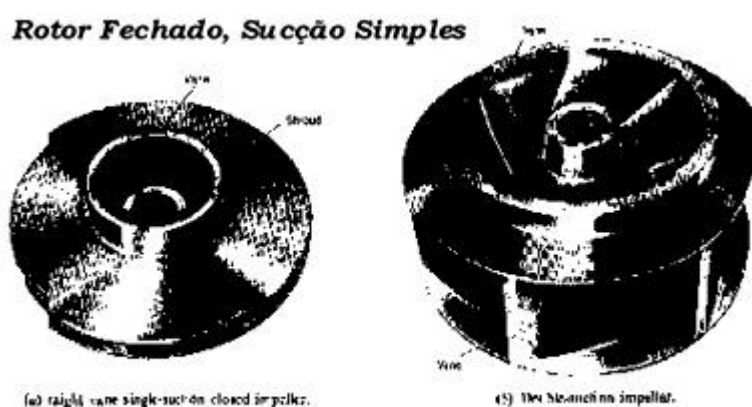


Figura 3

Rotor Fechado, Sucção Simples

- ROTOR FECHADO, SUÇÃO SIMPLES
- ROTOR FECHADO, SUÇÃO DUPLA

Rotor Fechado, Sucção Dupla

Figura 4

- 3. Eixo** - A função básica do eixo é transmitir o torque na partida e durante a operação, assim como suportar o impelidor e outras partes rotativas.
 - 4. Luva de eixo** - As luvas de eixo tem por função proteger o eixo da erosão, corrosão e do desgaste. A mais comum função da luva de eixo é proteger o eixo do desgaste na caixa de gaxetas.
 - 5. Anéis de desgaste** - Na separação das câmaras de sucção e descarga, a pequena quantidade de líquido que passa provoca o desgaste das superfícies expostas, principalmente se houver areia ou matérias estranhas no produto bombeado. Assim sendo, tornou-se necessário a utilização de partes renováveis de maneira fácil e econômica.
 - 6. Caixa de gaxetas** - Tem como principal função proteger a bomba contra vazamentos nos pontos onde o eixo passa através da carcaça. Entretanto, sua função varia com a própria performance, se a bomba opera com altura manométrica de sucção negativa, sendo a pressão na caixa de gaxetas inferior à pressão atmosférica, sua função é evitar a entrada de ar para dentro da bomba. Porém, se a pressão é acima da atmosférica, sua função é evitar vazamentos do líquido para fora da bomba.
- A caixa de gaxetas usualmente tem a forma de uma caixa cilíndrica que acomoda um certo número de anéis de gaxeta em volta do eixo ou da luva de eixo. Se a selagem da caixa de gaxetas é desejada, um anel de lanterna é usado para separar os anéis de gaxeta em seções aproximadamente

iguais, permitindo a entrada do líquido de selagem. Quando a bomba opera com líquido limpo ou água fria o líquido de selagem pode ser o próprio líquido bombeado, sendo feita conexão por meio de tubos ou de passagens internas, entre a descarga da bomba e a caixa de gaxetas. No caso de bombas de multi-estágio a conexão pode ser feita com um estágio intermediário. Para outros casos, usa-se um suprimento independente de água de selagem.

- Quando as bombas trabalham com líquidos quentes ou por períodos longos sem interrupção, as caixas de gaxetas são dotadas de um encamisamento externo com água fria para sua refrigeração.
- A gaxeta é comprimida para dar o ajuste desejado no eixo ou na luva de eixo por uma sobreposta que pode se deslocar na direção axial. Com o regulagem do aperto da sobreposta sobre as gaxetas, consegue-se controlar o vazamento entre o eixo e carcaça até um certo ponto, a partir da qual não mais se consegue impedir o vazamento.
- As gaxetas são geralmente, trançados de fios de amianto de fibras longas e de alta pureza.

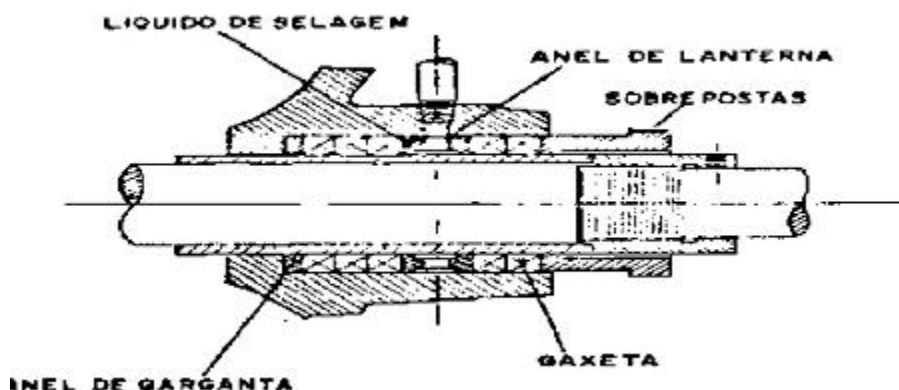


Figura 5

7. Selos mecânicos - Em muitos casos em que há necessidade de uma vedação muito mais rigorosa do que é conseguido com a caixa de gaxetas, o sistema empregado é o selo mecânico. Consiste em essência de dois anéis polidos mantidos em contato por um sistema de molas. Um dos anéis está preso ao eixo por um anel de borracha e gira com o eixo da bomba (é o elemento móvel do selo mecânico). O sistema de molas mantém a face polida, do elemento rotatório firmemente em contato contra a face polida de um anel de carvão fixo. Este anel de carvão faz parte do elemento fixo do selo que fica solidamente preso ao corpo da bomba. As superfícies polidas dos dois discos, rotatório e fixo, formam a vedação. Com o uso prolongado, algum vazamento pode ocorrer, obrigando a troca dos selos.

Os selos mecânicos podem ser de dois tipos:

- **Selos de montagem interna** - O anel rotativo fica no interior da caixa e em contato com o líquido bombeado.
- **Selos de montagem externa** - O elemento ligado ao eixo fica do lado externo da caixa.

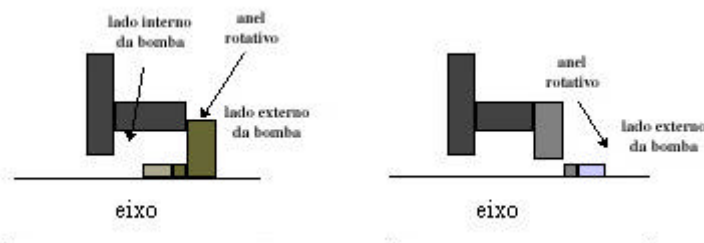


Figura 6

Em ambos os tipos de montagem, a selagem se realiza em três locais:

- Entre o anel estacionário e a carcaça. Para se conseguir esta selagem, usa-se uma junta comum ou o chamado "anel em O" (*O-Ring*);
- Entre o anel rotativo e o eixo. Empregam-se *O-Rings*, foles ou cunhas;
- Entre as superfícies em contato dos elementos de selagem. A pressão mantida entre as superfícies assegura o mínimo desejável de vazamento;
- Quando o líquido a bombear é inflamável, tóxico, não devendo portanto escapar da bomba, ou quando o líquido é corrosivo, abrasivo ou se encontra em temperaturas muito elevadas ou muito baixas, usa-se o selo mecânico duplo, no qual se faz a selagem líquida com água limpa;
- Existem selos mecânicos balanceados e não balanceados. Nos não balanceados, usados para líquidos com propriedades lubrificantes, iguais e/ou melhores que as da gasolina, e pressões até 10 Kgf/cm², a pressão interna no selo atua no sentido de juntar as superfícies de contato. Os balanceados destinam-se a líquidos submetidos a pressões superiores a 3,5Kgf/cm².

8. Acoplamento - As bombas centrífugas são conectadas aos seus acionadores através de acoplamentos, exceto para bombas tipo monobloco onde o impelidor é montado na extensão do eixo do acionador. Os acoplamentos podem ser classificados em rígidos e flexíveis. Os acoplamentos que não permitem movimento relativo dos eixos, quer axial quer radial, são chamados acoplamentos rígidos. Já os acoplamentos do tipo flexível permitem um pequeno movimento relativo.

- Contrariamente ao conceito popular os acoplamentos flexíveis não devem suportar erros de alinhamento, sendo qualquer desalinhamento indesejável, não devendo ser tolerado permanentemente, pois aumentam os esforços, prejudicam os mancais e conduzem o equipamento a falhar.

9. Mancais - A função dos mancais é servir de apoio para o eixo e manter o eixo ou impelidor em correto alinhamento com as partes estacionárias. Todos os tipos de mancais tem sido usados em bombas centrífugas. Normalmente se utilizam dois mancais diferentes, um para absorver o empuxo axial e um outro radial.

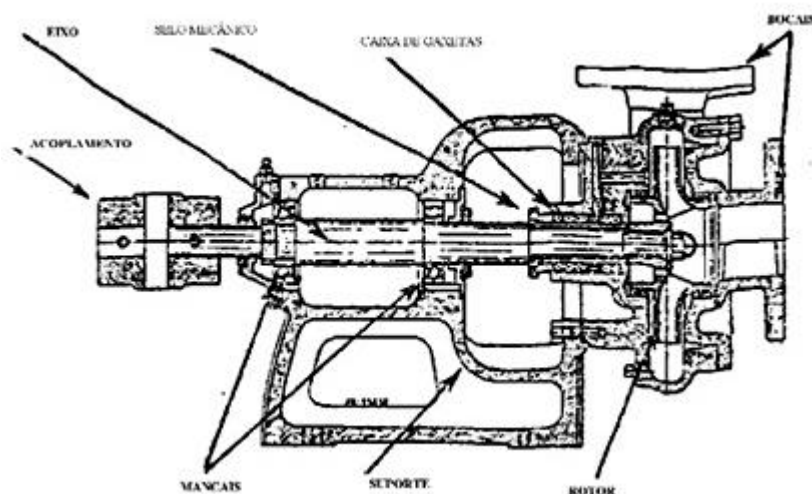


Figura 7

4.5.2.3 Fatores que Alteram as Curvas Características das Bombas

1. Efeito da mudança de rotação - Existe uma proporcionalidade entre os valores de Q , H e P com a rotação, assim sendo, sempre que a rotação for alterada, haverá em consequência alteração nas curvas características da bomba, sendo a correção para a nova rotação (n_1) feita através das seguintes proporções:

- Vazão (Q) - A vazão é proporcional a rotação;
- *Head* ou Carga (H) - a carga varia com o quadrado da rotação;
- Potência absorvida (P_{abs}) - A potência varia com o cubo da rotação;
- Sempre que se alterar a rotação, deve-se fazer a correção das curvas características, através das relações anteriormente apresentadas para determinação do novo ponto de trabalho.

2. Efeito da variação do diâmetro do impelidor (rotor) - Neste ponto é importante distinguir dois casos em que há variação no diâmetro do rotor:

- **1o Caso** - Refere-se a bombas geometricamente semelhantes, isto é: bombas cujas dimensões físicas guardam uma proporcionalidade constante. Neste caso, o diâmetro do rotor pode ser tomado como dimensão representativa da bomba.
- **2o Caso** - Refere-se a bombas cuja única alteração ocorre no diâmetro do rotor, permanecendo as outras grandezas físicas constantes.

3. Efeito do tamanho e da idade da bomba - Sabe-se que bombas geometricamente semelhantes são também teoricamente semelhantes. Na prática, observa-se que em uma série de bombas semelhantes, as de menor tamanho tem um rendimento mais baixo, porque a rugosidade, folgas e imperfeições são relativamente maiores para elas do que para as bombas grandes.

- Também a idade, o conseqüente desgaste e o estado de conservação da bomba alteram as curvas

características. Logo, não se deve empregar em uma bomba já velha, as curvas características, fornecidas pelos fabricantes, antes de se certificar do estado de conservação da bomba.

4. Efeito da natureza do líquido - As curvas características, fornecidas pelos fabricantes, retratam a performance das bombas quando operando com água. Entretanto estas curvas sofrem modificações quando se opera com líquidos viscosos. Um aumento na potência e uma redução na carga ocorre de uma maneira geral.

4.5.2.4 Cavitação

Se a pressão absoluta, em qualquer ponto do sistema de bombeamento, cair abaixo da pressão de vapor do líquido na temperatura de bombeamento, inicia-se um processo de vaporização do mesmo. Inicialmente nas regiões mais rarefeitas formam-se pequenas bolsas, bolhas ou cavidades (daí o nome cavitação) no interior das quais o líquido se vaporiza. As bolhas de vapor formadas, ao atingirem regiões de maiores pressões sofrem um colapso, com a condensação do vapor e o retorno a fase líquida de maneira brusca. Este colapso das bolhas, são acompanhados por formação de ondas de choque. A região mais provável de acontecer a cavitação é a entrada do impelidor, já que, nesta região a quantidade de energia é mínima, pois o fluido ainda não recebeu nenhuma energia por parte do rotor, bem como teve sua energia reduzida pelas perdas de cargas na linha de sucção e entrada da bomba.

CAUSAS

- Vazamento através dos anéis de desgaste;
- Obstruções na sucção da bomba;
- Cavitação na voluta ou nas pás difusoras;
- Fluxo em sentido inverso na sucção da bomba.

CONSEQÜÊNCIAS

Os efeitos da cavitação são visíveis, mensuráveis e até audíveis, parecendo o crepitar de lenha seca no forno ou martelamento com frequência elevada. As principais conseqüências são:

Corrosão, desgaste, remoção de partículas e destruição de pedaços dos rotores e dos tubos de aspiração junto a entrada da bomba;

- Queda de rendimento;
- Marcha irregular, trepidação e vibração da máquina, pelo desbalanceamento que acarreta;
- Ruído, provocado pelo fenômeno de "implosão", pelo qual o líquido se precipita nas bolsas quando a pressão externa é maior à existente no interior da mesma;
- Alteração nas curvas características.

4.5.2.5 Problemas Operacionais

Vazão nula	Bomba perdendo sucção após a partida	Vazamento excessivo pelas gaxetas
Vazão insuficiente	A bomba consome energia demasiada	Vazamento pelo selo mecânico
Baixa pressão de descarga	A bomba esquentar e depois grimpar	Selo mecânico apresentando defeito
Bomba vibra ou opera com ruído excessivo	Desgaste excessivo dos mancais	Selo mecânico se desgasta com pouco tempo de uso

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
VAZÃO NULA	A bomba não está escorvada.	• Verifique a bomba; escorve-a, se necessário.
	Altura de sucção bastante elevada.	• Verifique se a pressão no vacuômetro é a especificada.
	Bolsa de ar na tubulação de sucção.	• Confronte a instalação com o projeto. Verifique se não há ponto alto na linha de sucção.
	Tubulações ou rotor da bomba bloqueados.	• Inspeção. Verifique se as válvulas estão abertas.
	Rotor girando em sentido contrário.	• Verifique o rotor e inverta seu sentido de montagem, se necessário.
	Corpos estranhos no rotor.	• Inspeção.
	Entrada de ar na linha de sucção ou na caixa de gaxetas.	• Feche a linha e provoque pressão na mesma; um manômetro indicará a queda de pressão.
	Filtro de sucção entupido.	• Inspeção. Retire-o e proceda a limpeza.

	Velocidade muito baixa.	• Verifique a rotação do acionador.
--	-------------------------	---

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
VAZÃO INSUFICIENTE	Entrada de ar na linha de sucção ou na caixa de gaxetas.	• Verifique, usando espuma, se há entrada falsa, onde houver juntas e uniões.
	Velocidade baixa.	• Verifique a rotação do acionador.
	Pressão de descarga maior que de projeto.	• Verifique se as perdas de cargas na descarga são as especificadas .
	Linha de sucção imersa insuficientemente.	* Inspecione-a e corrija-a; se houver necessidade.
	Rotor ou tubulação parcialmente obstruída.	• Inspecione-o e verifique se há presença de corpos estranhos.
	Anéis de desgaste gastos demais.	• Verifique-os. Substitua-os e coloque a folga mínima recomendada.
	Válvula de pé pequena.	• Verifique. A área útil da válvula deve ser no mínimo igual à área útil da seção da tubulação.
	Filtro sujo.	• Retire-o e limpe-o.
	Vazamento excessivo pela caixa de gaxetas.	• Troque ou reaperte os anéis de gaxeta. Verifique o estado da luva do eixo .

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
----------	------------------	----------

BAIXA PRESSÃO DE DESCARGA	Velocidade baixa.	• Verifique a rotação do acionador.
	Sentido de rotação errado.	• Verifique a disposição do rotor quanto à curvatura das palhetas.
	Quantidade excessiva de ar ou gás no líquido.	• Verifique.
	Anéis de desgaste gastos.	• Verifique se as folgas estão dentro dos limites recomendados pelo fabricante.
	Vazamento pela carcaça ou caixa de gaxetas.	• Verifique a junta. Aperte ou troque as gaxetas
	Filtro sujo.	• Retire-o e limpe-o.

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
BOMBA VIBRA OU OPERA COM RUÍDO EXCESSIVO	Líquido vaporizando na bomba.	• Verifique a altura de sucção. Calcule as perdas de carga e veja se estão dentro das especificadas.
	Bomba desalinhada, causando contatos metálicos entre as partes fixas e rotativas.	• Verifique o alinhamento. Certifique-se de que as tubulações não estão forçando a bomba. Inspecione os mancais para ver se estão gastos.
	Rotor danificado, gasto ou desbalanceado.	• Inspecione-o. Verifique se há desequilíbrio dinâmico.
	Velocidade da bomba muito acima da normal.	• Verifique a velocidade com um tacômetro.
	Pressão excessiva.	• Verifique a pressão. Instale uma válvula de alívio se necessário.

	Eixo empenado.	• Verifique o empeno e conserte-o, se necessário.
	Mancais	• Verifique se: ○ a lubrificação está correta; ○ há refrigeração excessiva (pode provocar condensação); ○ os mancais estão montados corretamente.
	Folga excessiva nos mancais.	• Inspecione e corrija, se necessário.
	Fundação não rígida.	

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
BOMBA PERDENDO SUCÇÃO APÓS PARTIDA	Bomba ou linha de sucção não estão inteiramente cheias de líquido.	• Verifique-as.
	Altura de sucção elevada.	• Verifique a pressão do vacuômetro.
	Ar ou gás no líquido.	• Verifique, retornando o líquido para o suprimento.
	Entrada de ar pela gaxeta.	• Verifique-a.
	Ligação do fluido de selagem entupido.	• Inspecione e verifique a posição do anel de lanterna

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
----------	------------------	----------

A BOMBA CONSOME ENERGIA DEMASIADA	Velocidade acima da normal.	• Reduza a velocidade
	Sentido de rotação errado.	• Verifique. Inverta os pólos do motor elétr..
	Líquido mais denso ou mais viscoso do que o especificado.	• Se possível, aqueça o líquido a fim de reduzir a viscosidade.
	Rompimento da linha de descarga.	• Verifique. Isso causará operação da bomba abaixo da pressão especificada.
	Eixo empenado ou desalinhado.	• Confira o alinhamento, e o empeno do eixo. Desempene-o ou substitua-o por novo.
	Rotor raspando na carcaça.	• Verifique a concentricidade das partes rotativas.
	Engaxetamento erroneamente instalado.	• Verifique se a sobreposta está muito apertada, impedindo a lubrificação das gaxetas.

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
A BOMBA ESQUENTA E DEPOIS GRIMPA	A bomba não está escorvada.	• Pare a bomba e escurve-a pelo lado da descarga.
	Pressão de sucção insuficiente.	• Verifique se as condições de sucção estão de acordo com as do projeto.
	Bomba operando com vazão demasiadamente pequena.	• Verifique se a válvula de descarga está bloqueada.
	Desalinhamento.	• Confira o alinhamento. Inspeccione o acoplamento.

	Rotor raspando na carcaça.	• Verifique a concentricidade das partes rotativas.
	Mancais gastos.	• Inspecione os mancais, verifique se há sujeira, disposição de montagem, lubrificação e folgas.
	Eixo fora de centro.	• Confira, com o micrômetro, a concentricidade. A causa da excentricidade pode ser mancal gasto.
	Empuxo axial excessivo.	• Verifique se há alguma falha mecânica dentro da bomba.

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
DESGASTE EXCESSIVO DOS MANCAIS	Desalinhamento.	• Verifique. Corrija, se necessário.
	Eixo empenado.	• Coloque o eixo no torno e verifique.
	Vibração elevada.	• Verifique o equilíbrio dinâmico do conjunto rotativo.
	Irregularidade na lubrificação.	• Verifique se a viscosidade do óleo está correta ou se há falta / excesso de lubrificante.
	Eixo fora do centro.	• Verifique se: ○ os mancais estão desalinhados; alinhe-os se necessário; ○ os rolamentos estão montados corretamente.

	Temperatura elevada nos mancais.	• Verifique se: ○ Há falta ou excesso de lubrificante; ○ O óleo está com a viscosidade inferior à recomendada; troque-o por mais viscoso; ○ o sistema de refrigeração está entupido.
--	----------------------------------	---

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
VAZAMENTO EXCESSIVO PELAS GAXETAS	Injeção do líquido de selagem entupida.	• Desconecte as linhas e verifique-as.
	Gaxetas inadequadas ou incorretamente instaladas.	• Verifique se o anel da lanterna está na posição certa . • Substitua as gaxetas por outras que suportem as condições de operação.
	Eixo empenado ou desalinhado.	• Coloque o eixo no torno e verifique se há empeno. • Verifique se os mancais estão gastos.
	Vibração elevada.	• Verifique se há folga excessiva nos mancais. • Verifique o equilíbrio dinâmico do conjunto rotativo. • Verifique o alinhamento com o acionador.
	Luva do eixo com desgaste excessivo.	• Verifique-a e a substitua, se necessário.
	Folga excessiva na bucha de garganta.	• Verifique-a; substitua a bucha se necessário.

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
VAZAMENTO PELO SELO MECÂNICO	Juntas ou anel "O " do estacionário danificadas.	• Verifique-os; troque-os, se necessário
	Sobreposta instalado incorretamente.	• Verifique o aperto das porcas. • Faça a montagem dos anéis cuidadosamente.
	Faces dos anéis de selagem não estão planas.	• Verifique-as e corrija-as.
	Faces dos anéis de selagem arranhadas.	• Verifique o filtro(ou ciclone)da linha lav.. • Recondicione ou troque as peças gastas.
	Elemento de vedação do anel de selagem giratório com o eixo ou luva estragado.	• Verifique-o; troque-o se necessário.
	Vibração do conjunto rotativo.	• Verifique o alinhamento da bomba com o acionador. • Veja se os mancais estão gastos. • Verifique o equilíbrio dinâmico do conjunto rotativo.
	Produto congelado no interior da caixa de gaxetas.	• Aqueça exteriormente a caixa de gaxetas. • Utilize vapor, se possível.
	Líquido vaporizando nas faces de selagem.	• Verifique a possibilidade de modificar as condições de pressão temperatura na caixa de gaxetas.

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
----------	------------------	----------

SELO MECÂNICO APRESENTANDO DEFEITO	Quantidade de líquido nas faces de selagem insuficiente.	• Instale uma linha de lavagem, se não existir. • Verifique se há entupimento na linha de lavagem.
	Selo funcionando a seco.	• Verifique-o; • Coloque o sistema de lavagem em funcionamento.

DEFEITOS	CAUSAS PROVÁVEIS	SOLUÇÕES
SELO MECÂNICO SE DESGASTA COM POUCO TEMPO DE USO	Produto abrasivo nas faces.	• Instale uma linha de lavagem.
	Temperatura do produto elevada.	• Instale refrigeração no selo.
	Selo funcionando a seco.	• Verifique-o e faça as correções necessárias.
	Tipo de selo inadequado.	• Verifique-o e consulte o fabricante do selo.
	Materiais imprópriamente empregados.	• Verifique-os e consulte o fabricante do selo.
	Vibração do conjunto rotativo.	• Verifique o alinhamento da bomba com o acionador. • Veja se os mancais estão gastos. • Verifique o equilíbrio dinâmico do conjunto rotativo.
	Pressão excessiva entre as faces de selagem.	• Verifique as tensões das molas. • Retire algumas, se necessário, ou substitua-as por outras de menor tensão.

4.5.2.6 ENVOP e Cenários

A técnica ENVOP de avaliação de risco ambiental já foi descrita no item 2.1 desta monografia.

O Envop e Cenário para Vazamento em bombas se encontra no anexo 5B, item 7.5.

4.5.3 Vazamento em Válvulas de Bloqueio

4.5.3.1 Definição

As válvulas são dispositivos destinados a estabelecer, controlar e interromper o fluxo em uma tubulação. São os acessórios mais importantes existentes nas tubulações, e por isso devem merecer o maior cuidado na sua especificação, escolha e localização. Em qualquer instalação deve haver sempre o menor número possível de válvulas, compatível com o funcionamento da mesma, porque as válvulas são peças caras, onde sempre há possibilidade de vazamentos (em juntas, gaxetas, etc.) e que introduzem perdas de carga, às vezes de grande valor. As válvulas são entretanto peças indispensáveis, sem as quais as tubulações seriam inteiramente inúteis. Por esse motivo, o desenvolvimento das válvulas é tão antigo quanto o das próprias tubulações.

As válvulas representam, em média, cerca de 8% do custo total de uma instalação de processo.

A localização das válvulas deve ser estudada com cuidado, para que a manobra e a manutenção das mesmas sejam fáceis, e para que as válvulas possam ser realmente úteis.

4.5.3.2 Classificação

- Válvulas de bloqueio (gaveta, macho, esfera) – estabelecer ou interromper o fluxo;
- Válvulas de regulação (globo, agulha, de controle, borboleta e diafragma) – destinadas para controlar o fluxo;
- Válvulas que permitem o fluxo em um só sentido (de retenção e de pé);
- Válvulas que controlam a pressão de montante (segurança e alívio, de excesso de vazão e de contrapressão);
- Válvulas que controlam a pressão de jusante (reduzidoras e reguladoras de pressão, quebra-vácuo).

4.5.3.3 Construção das Válvulas

Corpo e castelo – carcaça (corpo- sede e extremidades; parte superior da carcaça), qualquer que seja o sistema de fixação do castelo no corpo da válvula, deverá haver sempre uma junta de vedação entre essas peças.

Sistemas de construção das válvulas – forjada para diâmetros pequenos (< 2") e de construção fundida para

diâmetros maiores.

Outras – corpo fabricado de chapas de aço, encamisadas, aletadas e usinadas de barras.

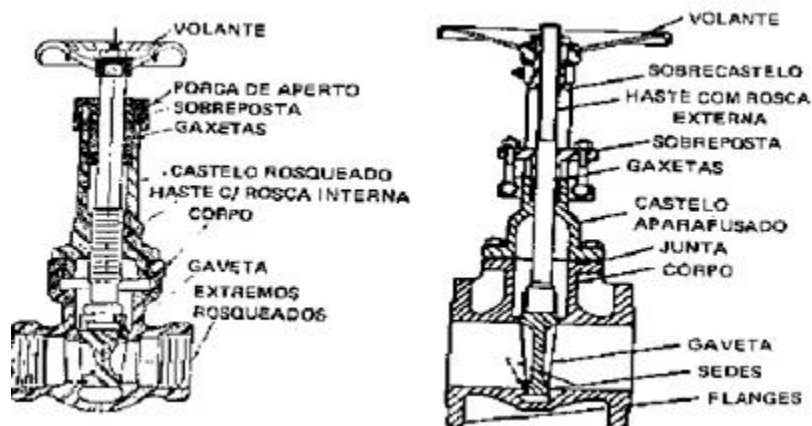


Figura 8

Meios de operação: Os meios para operação das válvulas são 03, a saber: manual, motorizada e automática.

4.5.3.4 Válvulas Gaveta

Quando totalmente abertas, a trajetória de circulação do fluido fica reta e inteiramente desimpedida proporcionando pequena perda de carga. Essas válvulas só devem trabalhar completamente abertas ou fechadas por serem válvulas de bloqueio e não de regulação. Quando parcialmente abertas, causam elevadas perdas de carga e laminagem da veia fluida, acompanhada muitas vezes de cavitação e violenta corrosão e erosão.

As válvulas de gaveta dificilmente proporcionam vedação absolutamente estanque; entretanto, na maioria das aplicações práticas, tal vedação não é necessária. Diz-se que uma válvula proporciona vedação absolutamente estanque quando, completamente fechada, um de seus lados for submetido à máxima pressão de serviço, e não ocorrer vazamento nem gotejar do outro lado.

4.5.3.5 Válvulas Macho

Utilizadas principalmente para bloqueio de gases, bloqueio rápido de água, vapor e líquidos em geral. As válvulas macho são recomendadas também para serviços com líquidos que deixem sedimentos ou que tenham sólidos em suspensão...espaço ocupado menor ... essas válvulas podem ser com ou sem lubrificação...

4.5.3.6 ENVOP e Cenário

A técnica ENVOP de avaliação de risco ambiental já foi descrita no item 2.1 desta monografia.

O Envop e Cenário para Vazamento em válvulas de bloqueio se encontra no anexo 5C, item 7.5.

4.5.4 Gerenciamento de Resíduos

Fato curioso na natureza é que ela própria limpa todo o lixo que produz. Pode-se dizer filosoficamente que a casa natureza está sempre limpa ou em processo de limpeza.

A natureza tem seus próprios coveiros, como o urubu, que se encarrega de remover os cadáveres e o mau cheiro para recolocar tudo no lugar. Ela recicla, por conta própria, tudo o que produz.

Somente o homem que também, curiosamente, vem da natureza não cuida bem do lixo que produz. As cidades brasileiras estão cheias de lixo por toda parte. Nem sempre a natureza sabe processar todo tipo de material que o homem converte em lixo.

As cidades estão cada vez mais poluídas e inabitáveis, e um de seus grandes problemas é não encontrar mais lugar para o lixo recolhido.

O que fazer com o lixo? A resposta é dada pela natureza: reciclá-lo.

A reciclagem pode ser feita com outros materiais como o vidro, os metais e os restos de comida que podem ser transformados em bom adubo para a agricultura.

Mas a maior dificuldade para reciclar o lixo é que ele vem todo misturado. É preciso, portanto, separá-lo; papel de um lado, vidro do outro, plástico de outro.

A poluição não acaba aí. Existem muitos outros tipos, como os resíduos industriais que, muitas vezes, contêm substâncias altamente tóxicas e precisam de cuidadoso tratamento.

4.5.4.1 Legislação

Considere-se resíduo sólido qualquer lixo, refugo, lodo, lama e borras provenientes de planta de tratamento de águas residuais, estações de tratamento de água de abastecimento ou de equipamentos de controle de poluição atmosférica; assim como outros materiais residuais que não forem excluídos...qualquer líquido, sólido, semi-sólido e os materiais nele contidos, resultantes das atividades industriais, comerciais, de mineração ou de agricultura, ou resíduos resultantes das ações da comunidade os quais não vão para esgoto...

Resíduos perigosos – aqueles que, em razão de suas quantidades, concentrações, características físicas, químicas ou biológicas, possam causar danos ou contribuir para a mortalidade ou incidência de doenças irreversíveis e apresentar perigo à saúde pública.

A responsabilidade pela execução de medidas adequadas para se evitar ou corrigir a poluição ambiental decorrente de derramamento, vazamento ou poluição acidental será:

- do gerador do resíduo e do transportador – durante o transporte.
- do gerador – nas próprias instalações.
- do proprietário da estação de tratamento – na disposição em área para tratamento.

4.5.4.2 Gerenciamento de Resíduos - 1º Caso

- Descrição da rota de disposição do resíduo.
- Tipos e quantidades de resíduo dispostos nesta rota.
- Riscos ambientais associados a esta rota de disposição.
- Legislação e outros controles.
- Custo atualizado da disposição valendo-se desta rota.
- Pessoal envolvido – habilidades, sensibilização e treinamento prévio.
- Procedimentos para garantir que o resíduo é somente manuseado por pessoas autorizadas.
- Procedimentos para garantir a transferência de documentos durante a transferência de resíduos.
- Procedimentos para garantir que a descrição do resíduo coincida com o próprio resíduo transferido.
- Se o *container* de resíduo é compatível com o transporte seguro para site de disposição;
- Procedimentos para auditar e rastrear a disposição do resíduo.
- Problemas conhecidos que ocorreram no passado.

4.5.4.3 Gerenciamento de Resíduos - 2º Caso

1. Classificação dos resíduos:

- sucata metálica.
- sucata plástica (sacaria e *bags*).
- tambores vazios.
- resíduos recicláveis.
- lixo doméstico.
- resíduo de efluente.
- resíduo proveniente da reação.

- resíduo proveniente de produto *off-spec*.
2. Adequar as áreas temporárias em forma de *box*, adaptado para receber resíduo (identificação, proteção contra chuva, destino do chorume, filtragem do chorume).
 3. Designar o destino temporária do resíduo.
 4. Designar tempo máximo e capacidade máxima de permanência do resíduo em cada *box*.
 5. Definir qual o destino final de cada resíduo:
 - vendas (cadastrar comprador e informar o CRA).
 - reciclagem / moagem / reprocesso / reuso na própria fábrica (caracterizar).
 - reciclagem / moagem / reprocesso / reuso em outra instalação (caracterizar e providenciar transporte).
 - enviar para incineração (caracterizar e providenciar transporte).
 6. Delegar responsabilidades:
 - operação da fábrica; projetos; suprimento; assessoria de meio ambiente.
 7. Acompanhar por meio de auditoria de ordem e limpeza o cumprimento deste gerenciamento.

Item	Destinação Temporária Local / Quantidade / Prazo	Box	Destinação Final	Responsabilidade	Prazo Máximo

4.5.4.4 Gerenciamento de Resíduos - 3º Caso

Auditoria de ordem e limpeza

Metodologia:

1. Realizada trimestralmente.
2. Auditoria composta pelos seguintes perfis:
 - perfil operacional (desenvolverá as atividades anteriores à auditoria, processará os dados coletados, deve estar ligado à produção).
 - perfil da alta administração (participará durante auditoria e na definição do planejamento e metas - dará peso e aumentará os compromissos dos líderes).

- perfil do administrativo (como "leigo" deve ter visão mais crítica).

3. A Auditoria de ordem e limpeza terá como primeiro resultado classificação esquemática da área, em croqui:

- VERDE : SIGA, ESTÁ NA DIREÇÃO CORRETA;
- AMARELO: ATENÇÃO, SE NÃO FOREM CORRIGIDOS CERTOS PROBLEMAS, SITUAÇÃO PERDE O CONTROLE.
- VERMELHO: PARE, REAVALIE OS ASPECTOS DE ORDEM E LIMPEZA. A SITUAÇÃO ESTÁ DESCONTROLADA.

4. A Auditoria de ordem e limpeza terá como segundo resultado uma matriz de responsabilidades com prazos e ações;

5. Etapas da auditoria:

- a) planejamento (escolha das áreas, check-list, avaliação dos critérios).
- b) comunicação (uma semana de antecedência).
- c) auditoria (abertura, auditoria, encerramento e planejamento).
- d) acompanhamento (ações e prazos).

6.) Ferramentas:

- MAPA com localização física das áreas.
- CLASSIFICAÇÃO que será feita com lápis colorido lumicolor.
- MATRIZ DE RESPONSABILIDADES anteriores para avaliação das ações.
- MAPAS de auditorias antigas para avaliar melhorias.

4.5.4.5 ENVOP e Cenário

A técnica ENVOP de avaliação de risco ambiental já foi descrita anteriormente no item 2.1.

O Envop e Cenário para gerenciamento de resíduos se encontra no anexo 5D.

4.5.5 Furo em Trocadores de Calor

4.5.5.1 Definição

Trocadores ou permutadores de calor são equipamentos industriais destinados a aquecer, esfriar, vaporizar ou condensar fluidos, utilizando para isso outros fluidos. Os fluidos são separados entre si por uma parede sólida.

Os trocadores podem ter formas variadas, mas, geralmente, são constituídos de um casco, por onde passa um dos fluidos; e de tubos, por onde passa o outro fluido.

4.5.5.2 Classificação

1. Trajeto dos fluidos no permutador

- Em corrente paralela.
- Em contra corrente.
- Em corrente mista.

2. Arranjo dos Permutadores

- Trocadores ligados em série.
- Trocadores ligados em paralelo.
- Ligação Mista.

3. Mudança de fase de um dos fluidos

- Sem mudança de fase.
- Com mudança de fase total ou parcial.

4. Combinações de fluidos

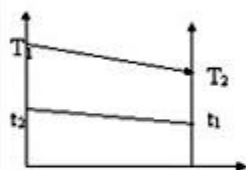
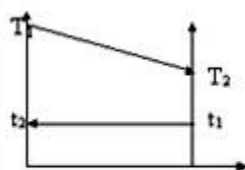
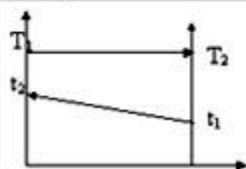
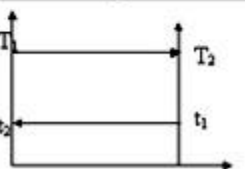
Fluido frio \ Fluido quente	líquido ou gás aquecer	líquido vaporizar
Líquido ou gás esfriar	 aquecedor ou resfriador	 vaporizador
Vapor condensar		

Figura 9

4.5.5.3 Influência dos Diversos Fatores em U

Construção do trocador

Quanto mais espessas forem e menor condutividade térmica tiverem as paredes dos tubos, maior será a resistência à condução e menor, portanto, será U.

Já vimos que quanto maior a turbulência, maior é a quantidade de calor transferida por convecção. Os trocadores são então construídos para proporcionar a maior turbulência possível, atentando-se para que não aumente muito a perda da carga. No caso, isso se consegue ao colocar chicanas. Nos tubos, procura-se aumentar a velocidade ao máximo (velocidade de turbulência) passando o fluido várias vezes através do trocador para diminuir a área de escoamento.

Vazão

Para um mesmo trocador, se passar maior vazão, a velocidade aumentará, também aumentará turbulência e a transferência por convecção; portanto aumentará U.

Tempo de operação

Todos os permutadores, com o decorrer do tempo, começam a trocar menos calor. Por exemplo, se um fluido com o trocador limpo se aquece até 200°C, depois de algum tempo poderá ser aquecido somente até 190°C (com a mesma vazão). Isso ocorre em virtude da formação de depósitos nos tubos que agem como isolante.

A quantidade de depósitos depende de:

- tempo em que o trocador está em operação.
- natureza do fluido (muito ou pouco sujo).
- velocidade de escoamento.

A altas velocidades, a formação de depósitos é retardada por causa do arraste pelo fluido.

Propriedade dos fluidos

As propriedades dos fluidos também influenciam a troca de calor em um permutador (influência U).

A transmissão por condução é influenciada pela condutividade térmica dos fluidos.

A transmissão por convecção é influenciada pela viscosidade (maior viscosidade $\Rightarrow$ menor turbulência $\Rightarrow$ menor U).

Aumentando	Aumenta U	Diminui U
Nº de chicanas	X	
Nº de passes	X	
Espessura parede tubos		X
Vazão	X	
Viscosidade		X
Condutividade térmica	X	
Calor específico	X	
Tempo de operação		X

4.5.5.4 Descrição Geral

- Casco é a parte externa central do permutador.
- Carretéis e tampas dos carretéis são as partes externas extremas do permutador.
- Feixe tubular: constituído dos espelhos que mantêm os tubos na posição desejada. Nesse tipo de permutador, os espelhos são soldados no casco e servem também como flanges aos quais os carretéis são parafusados.
- Chicanas orientam o fluxo do casco, mantêm os tubos na posição desejada e evitam que eles sofram esforços de flexão.
- Espaçadores que mantêm o conjunto de chicanas em posição.

Materiais usados em permutadores de calor

A "Tubular Exchanger Manufacturers Association" (TEMA) publica normas para projeto e construção de permutadores de casco e tubo. Essas especificações servem para três classes de permutadores: Classe R, para condições severas de processamento de petróleo e produtos químicos que são, por sua natureza, serviços rigorosos para os quais se deseja obter segurança; Classe C, para condições moderadas de operação, tendo em vista a máxima economia e o mínimo tamanho, condizentes com as necessidades de serviço; Classe A, para condições severas de temperatura e fluidos altamente corrosivos.

Os materiais especificados para tubos e cascos são:

1. Tubos

Os tubos podem ser lisos ou aletados.

Os tubos lisos são comumente encontrados na indústria e padronizados em quatro diâmetros (3/4", 1", 1 1/4" e 1 1/2").

Os tubos aletados aumentam a troca de calor em virtude do aumento da área externa de troca, mas acarreta maior perda de pressão no lado do casco.

Os materiais utilizados obedecem às especificações mínimas para determinada aplicação: aço carbono normalmente utilizado para meios não agressivos; aço liga, latão, bronze, ligas de alumínio e *duplex* utilizados em diversos meios corrosivos.

2. Casco

Pode ser construído a partir de tubos até 24" de diâmetro nominal ou de chapas calandradas e soldadas a partir de 13" de diâmetro. São fabricados normalmente em aço carbono, fabricados também em aço liga e ligas de alumínio quando de tubo, em aço liga, ligas de níquel e ligas de cobre quando de chapa.

Escolha do Fluido

O permutador já está construído para receber determinados líquidos nos tubos e no casco. Não há regras fixas que estabeleçam qual tipo de fluido deve passar pelos tubos.

Evidentemente, a escolha do fluido que passa pelos tubos ou pelo casco deve atender às melhores condições para o processo, ao menor custo de construção e à fácil manutenção. De maneira geral, passa pelos tubos:

1. **fluido mais sujo** (com depósitos, coque, sedimentos, catalisadores etc.) porque é mais fácil remover a sujeira dos tubos que do casco.
2. **fluido mais corrosivo** porque, além de ser mais econômico usar tubos resistentes à corrosão do que o casco com a mesma propriedade, é mais fácil substituir tubos furados do que substituir o casco.
3. **fluido com maior pressão** porque o casco tem menor resistência em virtude de seu maior diâmetro.
4. **fluido menos viscoso**, a menos que a parede da pressão deva ser muito baixa.
5. **água de refrigeração** por facilidade de limpeza.
6. **fluido de menor vazão volumétrica**, em vista do casco oferecer mais espaço.

Entre líquidos de propriedades semelhantes, deve passar pelos tubos aquele de maior pressão, maior temperatura e o mais corrosivo.

Operação

Normas de operação:

1. Condições de segurança

A temperatura e a pressão limites, nas quais devem trabalhar os tubos e o casco, estão especificados na chapa, anexada no permutador, pelo fabricante, e não devem ser ultrapassadas. Assim, nos resfriadores, a temperatura de saída da água não deve exceder o de valor (70°C) para evitar deposição de sais.

2. Aquecimento e Resfriamento

Na partida, os permutadores de calor devem ser aquecidos lentamente, e, na parada, o processo é inverso, ou seja, resfriados lentamente. Essa manobra é particularmente importante quando as temperaturas de operação são elevadas. A rápida entrada de um líquido a alta temperatura pode provocar desigualdades de expansão nos tubos e causar vazamentos nos mesmos e deformação do feixe.

3. Partida e Parada

Na partida, entra primeiro o fluido mais frio. Se o fluido mais frio está ligeiramente quente, então deixa-se o mesmo entrar lentamente. Quanto mais quente o fluido, mais lenta deve ser a penetração no permutador de calor.

Na parada, fecha-se primeira a entrada do fluido mais quente. Se isso não for observado, vazamentos podem ocorrer nos tubos.

4. Suprimento de Água

Falha no suprimento de água para um resfriador pode trazer várias conseqüências. Quando o fluido a resfriar é muito quente, a interrupção da água provoca grande aquecimento do equipamento. Se a água volta a circular, haverá resfriamento brusco no permutador. Essa mudança rápida de temperatura afrouxa parafusos e abre as juntas; por isso é necessário fluxo contínuo de água.

5. Condensado

Sempre se deve drenar a água de um ebulidor ou aquecedor para evitar o fenômeno chamado martelo hidráulico. Isso pode ser explicado da seguinte maneira: supondo-se água acumulada nos tubos do ebulidor e abrindo-se a válvula do vapor d'água, este vai conduzir a água a grande velocidade até encontrar um obstáculo, é nesse ponto que provoca grande choque. Esse impacto – martelo hidráulico - pode causar ruptura do material.

6. Ejetores

Condensadores e resfriadores, situados em lugares elevados, são munidos de ejtores na saída da água de refrigeração. Os ejtores só funcionam na partida. Provocam sucção na linha e facilitam a subida da água para o permutador. Esses aparelhos funcionam com ar comprimido.

7. Vazamentos

Depois de um trocador de calor entrar em operação, o feixe de tubos pode apresentar vazamentos. Isso pode ser constatado na mistura do fluido que passa nos tubos com o fluido correndo no casco. Os vazamentos geralmente ocorrem em um dos seguintes lugares:

- junção dos tubos no espelho fixo.
- junção entre o espelho flutuante e tampa do flutuante.
- junções dos tubos no espelho flutuante.
- paredes dos tubos.

De acordo com o tipo de permutador, há diferentes maneiras de identificar esse vazamento.

Atente para algumas delas:

- vazamentos nas junções dos tubos no espelho fixo - Retira-se a tampa do carretel e enche-se o casco do permutador com água sob pressão. Qualquer vazamento será logo visto. Caso haja vazamento, o tubo deverá ser remandrilhado.
- vazamento da junta entre o espelho flutuante e a tampa do flutuante - Retira-se a tampa do casco e enche-se o casco do permutador com água sob pressão. Examina-se a junta. Se houver vazamento, apertar os parafusos. Se o vazamento continuar, retira-se a cobertura dos tubos e substitui-se a junta.
- vazamento nas junções dos tubos no espelho flutuante - Retira-se as tampas do casco e do flutuante e coloca-se um anel de teste entre o espelho flutuante e o flange do casco. Enche-se o casco com água sob pressão e localiza-se o vazamento.
- vazamento nas paredes dos tubos - Esse tipo de vazamento é difícil de ser localizado. Há um método de verificação que consiste em fazer selagem com chapa metálica entre o flange do casco e o espelho flutuante. Nesse caso, seriam retiradas a tampa do casco, a tampa do flutuante e a tampa do carretel. Injeta-se água sob pressão no casco. Com a selagem não há perigo da água sair pelo lado do espelho flutuante. Qualquer vazamento num dos tubos seria identificado por um jato forte de água saindo daquele tubo. Também é possível proceder de modo contrário. Manter a tampa do casco e retirar a tampa do carretel. Neste caso não seria preciso selagem. O vazamento seria observado do lado do carretel. Contudo, o método para se verificar o vazamento em parede de tubo vai depender do permutador e da solução a ser dada no momento, pela manutenção. Vazamentos em geral, no feixe de tubos, podem ser identificados da seguinte maneira: injeta-se água sob pressão no casco e fecham-se as válvulas de entrada e saída da água. Um manômetro registrará a pressão da água dentro do casco. Qualquer diminuição da pressão indicará que há vazamentos em qualquer ponto do permutador de calor.



FIG 8.8 PERMUTADOR DE ESPELHOS FIXOS

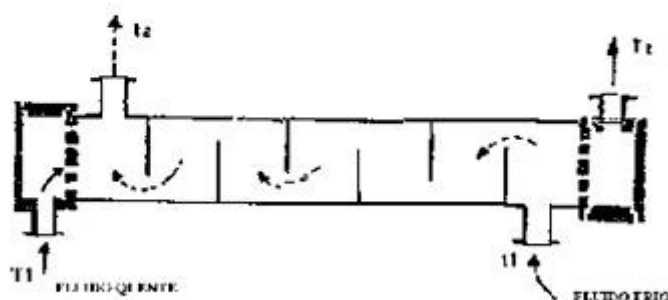


FIG 8.9 FLUXOS NO CASCO E NO FEIXE

Figura 10

4.5.5.5 ENVOP e Cenário

A técnica ENVOP de avaliação de risco ambiental já foi descrita no item 2.1 desta monografia.

O Envop e Cenário para furo em trocadores de calor se encontra no anexo 5E, item 7.5.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Considerando as rotinas operacionais com maior risco ambiental, conforme indicação técnicos dos entrevistados, principal base para esta análise, os resultados deste trabalho serão avaliados sob quatro focos diferentes .

Primeiramente serão apresentadas as ações necessárias para adequar as rotinas operacionais, escolhidas como de maior risco ambiental, a um procedimento que minimize este risco, ou seja, transformá-las em rotinas limpas.

A seguir, serão mostradas as proposições para o procedimento "limpo", ou seja, procedimento de rotina limpa para as rotinas mencionadas.

Em terceiro lugar, as ações que devem ser praticadas de forma global para transformar qualquer rotina em rotina limpa, com o menor risco ambiental possível.

A última etapa será a apresentação das conclusões para o trabalho executado.

5.1 Ações de adequação por rotina operacional

5.2 Proposições para rotinas limpas

5.3 Ações de adequação global

5.4 Conclusões

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1 Ações de Adequação por Rotina Operacional

Conforme já mencionado, neste item serão descritas todas as ações necessárias para transformar as rotinas escolhidas, como de maior risco ambiental, em rotina limpa.

5.1.1 Vazamento por Flange de Tubulação

Na operação

- Implantar o gerenciamento de rotina das ações a serem executadas pela operação.
- Adotar procedimento de autorização de serviços ou permissão de trabalho que permita a garantia da qualidade nos serviços executados.
- Implantar controle - auditoria: no campo, nos serviços e relatórios de ocorrência no campo.

Na manutenção

- Efetuar preparação de relatório mensal sobre qualidade nos serviços de manutenção.
- Rever periodicamente as recomendações de estoque dos materiais.
- Implantar controles – índice de retrabalho e índice de falta de materiais por serviço.

No gerenciamento

- Preparar e adequar um de programa de treinamento da operação para atender as necessidades de rotina.
- Definir política clara com diretrizes quanto a vazamentos na área de produção.
- Implantar controle – número de ocorrências anormais na produção, por período.

Na inspeção

- Implantar programa de inspeção adequado às necessidades da planta.
- Adotar procedimento de inspeção no recebimento de materiais adquiridos.
- Desenvolver programa de substituição de equipamentos e de tubulação que atingiram tempo de vida máximo.
- Implantar controle – número de recomendações não realizadas / totais; número de devoluções / recebimento.

No projeto

- Desenvolver projeto de detalhamento e de montagem ajustados à planta já existente.
- Implantar controle – serviços não liberados por desvios de tubulação / total.

No processo

- Desenvolver plano de aferição das malhas de temperatura em estado crítico, no campo e painel.
- Implantar programa de acompanhamento estatístico de processos com análise de corrente críticas

(corrosão e erosão).

- Acompanhar a qualidade do efluente total e na fonte para evitar vazamentos e mensurar impactos.

5.1.2 Vazamento em Bombas

Vazamento em bomba deve ser entendido como perdas de material por meio da selagem ou em virtude de problemas de lubrificação.

Na operação

- Efetuar gerenciamento de rotina das ações a serem executadas pela operação.
- Implantar controle - auditoria: procedimentos, campo, serviços e relatórios de ocorrência no campo.

Na manutenção

- Efetuar gerenciamento de rotina das ações a serem executadas pela manutenção.
- Adotar revisões periódicas na recomendação de estoque dos materiais (quantos, qualidade,...).
- Implantar controle – índice de falta de materiais adequados por serviço, auditoria de procedimentos (gerência de rotina).

No gerenciamento

- Preparar e adequar programa de treinamento da operação para atender as necessidades de rotina.
- Desenvolver programa de treinamento para mecânicos – necessidades de rotina.
- Definir de critérios para seleção de operadores – conhecimentos e prática em mecânica e instrumentação.
- Implantar controle – número de ocorrências anormais na produção, por período.

No projeto

- Exigir participação efetiva da operação na definição de sistemas e equipamentos novos.
- Implantar controle – número de ocorrências por falha de projeto / total.

No processo

- Comparar periodicamente a composição de correntes de processo em relação ao projeto original – balanço de massa.
- Desenvolver plano de aferição das malhas de temperatura e pressões críticas no campo e painel.

- Acompanhar a qualidade total do efluente assim como na fonte para evitar vazamentos e mensurar impactos.
- Implantar controle – estatística de itens de controle da operação.

5.1.3 Vazamento em Válvulas de Bloqueio

Na operação

- Desenvolver / adequar habilidade dos operadores no trato com equipamentos e a maneira correta de operá-los (inclusive válvulas).
- Implantar controle - auditoria: procedimentos, campo, serviços e relatórios de ocorrência no campo.

Na manutenção

- Implantar gerenciamento de rotina das ações a serem executadas pela manutenção.
- Implantar controle – auditoria de procedimentos (gerência de rotina).

No gerenciamento

- Definir política clara com diretrizes quanto a vazamentos na área de produção.
- Implantar controle – número de ocorrências anormais na produção por período.

Na inspeção

- Adotar programa de inspeção adequado às necessidades da planta.
- Implantar controle – número de recomendações não realizadas / totais.

No projeto

- Definir claramente o de tipo de válvula e material adequado para o processo.
- Implantar controle – número de ocorrências por falha de projeto / total.

No processo

- Implantar programa de acompanhamento estatístico de processos com análise de corrente críticas (corrosão e erosão).
- Acompanhar qualidade do efluente total e na fonte para evitar vazamentos e mensurar impactos.
- Implantar controle – estatística de itens de controle da operação.

No suprimento

- Desenvolver procedimento de reposição automática de válvulas e acessórios de uso mais comum.
- Implantar controle: auditoria do estoque de almoxarifado, número de serviços com falta de material / número total de serviços.

5.1.4 Gerenciamento de Resíduos**Na operação**

- Implantar gerenciamento de rotina das ações a serem executadas pela operação.
- Desenvolver as lideranças quanto ao planejamento no turno.
- Promover treinamento de sensibilização para a operação - riscos do resíduo.
- Implantar controle- auditoria: procedimentos, campo, serviços e relatórios de ocorrência no campo.

Na manutenção

- Promover a organização dos resíduos gerados pela manutenção.
- Implantar controle - auditoria de ordem e limpeza.

No gerenciamento

- Introduzir resíduos no gerenciamento de rotinas da operação e da manutenção.
- Treinar lideranças para a delegação das ações.
- Definir uma política clara com diretrizes quanto a gerenciamento de resíduos.
- Disponibilizar área para estocagem temporária de resíduos.
- Definir autoridade e responsabilidades sobre resíduos – Matriz de Responsabilidades.
- Treinar as lideranças para conhecer as leis ambientais e suas dinâmicas.
- Desenvolver campanha motivadora para gerenciamento de resíduos.
- Implantar controle – auditoria de ordem e limpeza (inclusive resíduos com responsabilidades).

No suprimento

- Definir de regras claras quanto a entrada e saída de embalagens na fábrica.

- Implantar controle: auditoria de resíduos na área.

5.1.5 Furos em Trocador de Calor

Na operação

- Promover revisão de procedimentos de alinhamento e operação com trocadores de calor.
- Implantar gerenciamento de rotina das ações a serem executadas pela operação.
- Efetuar revisão dos procedimentos de emergência da planta, inclusive tratamento dos trocadores críticos.
- Implantar controle - auditoria: procedimentos, campo, serviços e relatórios de ocorrência no campo.

Na manutenção

- Efetuar revisão no procedimento de desmontagem e montagem de trocadores de calor.
- Implantar controle – índice de retrabalho, auditoria de ordem e limpeza.

No gerenciamento

- Definir diretriz quanto a evitar furo em trocadores de calor.
- Implantar controle – número de ocorrências anormais na produção por período.

Na inspeção

- Implantar programa de inspeção adequado às necessidades da planta.
- Implantar controle – número de recomendações não realizadas / totais.

No projeto

- Levantar histórico de plantas similares para escolha de tipo e material para trocadores de calor.
- Implantar controle – número de ocorrências por falha de projeto / total.

No processo

- Efetuar plano de aferição das malhas de temperatura em estado crítico, no campo e painel (avaliação de D T para trocadores).
- Desenvolver programa de acompanhamento estatístico de processos com análise de corrente críticas (corrosão e erosão).

- Comparar pressão de trabalho das correntes de processo em relação ao projeto original.
- Acompanhar qualidade do efluente total e na fonte para evitar vazamentos e mensurar impactos.
- Levantar histórico da qualidade da água e das inspeções e serviços de manutenção em trocadores.
- Adotar programa de acompanhamento de purgadores na área vs. ocorrências.
- Implantar controle – estatística de itens de controle da operação.

No suprimento

- Garantir existência de material adequado para serviços em trocadores críticos (tubos, juntas, etc.).
- Implantar controle: auditoria do estoque de almoxarifado, número de serviços com falta de material / número total de serviços.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

5.2 Proposições para Rotinas Limpas

Uma vez apresentadas as ações necessárias para adaptar uma rotina operacional a um procedimento de rotina limpa, será mostrado abaixo como efetuar as cinco rotinas apresentadas como as mais críticas para serem caracterizadas como rotina limpa.

5.2.1 Vazamento por Flange de Tubulação

- Os serviços de manutenção devem ser realizados adequadamente: procedimentos, material de tubulações e flanges, juntas.
- Projeto realizado corretamente: *lay-out* para evitar tensões, materiais adequados para evitar corrosões ou erosões.
- Saber avaliar o nível de vazamento de flanges de tubulação.
- Conhecer o histórico dos trechos de tubulação.
- Ter conhecimento do processo quanto a variações do fluido e existência de contaminantes.
- O índice de retrabalho em serviços de manutenção não dever ultrapassar 1,5 %.
- Manter no gerenciamento de rotina, avaliação de vazamentos em tubulação.

5.2.2 Vazamento em Bombas por Selagem ou em Razão de Problemas de Lubrificação e de Manutenção

- Os sistemas de selagem, gaxeta e lubrificação devem ser adequados ao serviço;
- Em caso de mudança no processo, prever mudanças nos sistemas de selagem, gaxeta e lubrificação.
- Manter no gerenciamento de rotina, verificação das bombas quanto a: vazamentos, falta de lubrificação, aquecimento, cavitação, pressão de descarga e sujeira no filtro.
- Toda a equipe deve saber operar bombas em situação normal e de emergência.
- Na estatística de ocorrências anormais, não deve ocorrer ou se ocorrer, esse índice deve ser baixo para os seguintes eventos: queima de motor, trancamento de bombas, cavitação, troca excessiva de gaxetas, trabalhar sem filtros na bomba, trabalhar fora do ponto de operação.

5.2.3 Vazamento em Válvulas de Bloqueio

- Projeto realizado corretamente: materiais adequados à temperatura e correntes de processo para evitar corrosões ou erosões.
- Manter, no gerenciamento de rotina, verificação das válvulas e tubulações: vazamentos, amostragem e análise visual do fluido, cavitação na válvula e sujeira no filtro.
- Manter em estoque válvulas reservas para serviços críticos.

5.2.4 Gerenciamento de Resíduos

- Usar o mínimo de embalagens possível.
- Os materiais de equipamentos e tubulações devem ser adequados ao serviço para evitar gerar o mínimo de sucata metálica.
- Toda a equipe de produção se responsabiliza pela prática das atividades e respeita as autoridades.
- Toda a equipe de produção conhece a legislação de meio ambiente e sua dinâmica.
- No gerenciamento de rotina, existe a gestão de resíduos desde a entrada, geração, classificação, transporte, acúmulo, saída para o transporte externo e destino final desse resíduo.
- A política de meio ambiente é clara quanto ao termo: "Ser ambientalmente correto".

5.2.5 Furos em Trocador de Calor

- Projeto realizado corretamente: materiais adequados para evitar corrosões ou erosões e tipo de trocador adequado às condições de vazão, pressão e temperatura.
- Em caso de mudança no processo, prever mudanças nos sistemas de troca térmica (junta, internos, tubos etc.).
- Toda a equipe deve saber operar trocadores de calor em situação normal e de emergência, também deve conhecer os detalhes de funcionamento e os internos do equipamento.
- A equipe sabe os detalhes de montagem e desmontagem do trocador.
- O programa de inspeção é adequado e mostra que os trocadores são seguros para os serviços.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias**5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS****5.3 Ações de Adequação Global**

Ações de adequação global que devem ser tomadas em uma indústria.

Na operação

- Gerenciamento de rotina das ações a serem executadas pela operação.
- Revisão de procedimentos de alinhamento e operação com trocadores de calor.
- Desenvolver / adequar habilidade dos operadores no trato com equipamentos e a maneira correta de operar (inclusive válvulas).
- Criar procedimento de autorização de serviços ou permissão de trabalho que permita a garantia da qualidade nos serviços executados.
- Treinamento para sensibilizar a operação quanto aos riscos do resíduo.
- Implantar controle - auditoria: procedimentos, campo, serviços e relatórios de ocorrência no campo.

Na manutenção

- Preparação de relatório mensal sobre qualidade nos serviços de manutenção.
- Revisão na recomendação de estoque dos materiais (quantos, qualidade,...).
- Gerenciamento de rotina das ações a serem executadas pela manutenção.
- Organização dos resíduos gerados pela manutenção.

- Controle – índice de retrabalho e índice de falta de materiais adequados por serviço, auditoria de procedimentos (ger. rotina), auditoria de ordem e limpeza.

No gerenciamento

- Preparação / adequação de programa de treinamento da operação para atender às necessidades de rotina.
- Implantar programa de treinamento para mecânicos – necessidades de rotina.
- Definir critérios para seleção de operadores – conhecimentos e prática em mecânica e instrumentação.
- Treinar lideranças para a delegação das ações.
- Definição de política clara com diretrizes quanto a vazamentos na área de produção.
- Definição de política clara com diretrizes quanto a gerenciamento de resíduos.
- Disponibilizar área para estocagem temporária de resíduos.
- Definir autoridade e responsabilidades sobre resíduos – Matriz de Responsabilidades.
- Introduzir resíduos no gerenciamento de rotinas da operação e da manutenção.
- Treinar as lideranças para conhecer as leis ambientais e suas dinâmicas.
- Campanha motivadora para gerenciamento de resíduos.
- Implantar controle – número de ocorrências anormais na produção por período, auditoria de ordem e limpeza (inclusive resíduos com responsabilidades).

Na inspeção

- Desenvolver programa de inspeção adequado às necessidades da planta.
- Implantar procedimento de inspeção no recebimento de materiais adquiridos.
- Adotar programa de substituição de equipamentos e tubulação que atingiram tempo máximo de vida.
- Implantar controle – número de recomendações não realizadas / totais; número de devoluções / recebimento.

No projeto

- Projeto de detalhamento e de montagem ajustados à planta já existente.
- Definição de tipo de válvula e material adequado para o processo.

- Participação efetiva da operação na definição de sistemas e equipamentos novos.
- Levantar histórico de plantas similares para escolha de tipo e material para trocadores de calor.
- Implantar controle – número de ocorrências por falha de projeto / total, serviços não liberados por desvios de tubulação / total.

No processo

- Desenvolver programa de acompanhamento de purgadores na área vs. ocorrências.
- Implantar plano de aferição das malhas de temperatura crítica no campo e painel (avaliação de T para processo e D T para trocadores).
- Desenvolver programa de acompanhamento estatístico de processos com análise de corrente crítica (corrosão e erosão).
- Levantar histórico da qualidade da água e das inspeções e serviços de manutenção em trocadores.
- Comparar composição de correntes de processo em relação ao projeto original – balanço de massa.
- Comparar pressão de trabalho das correntes de processo em relação ao projeto original.
- Acompanhar qualidade do efluente total e na fonte para evitar vazamentos e mensurar impactos.
- Implantar controle – estatística de itens de controle da operação.

No suprimento

- Garantir a existência no físico de válvulas e acessórios.
- Definição de regras quanto à entrada e saída de embalagens na fábrica.
- Existência de material adequado para serviços em trocadores críticos (tubos, juntas, etc.).
- Implantar controle: auditoria do estoque de almoxarifado, número de serviços com falta de material / número total de serviços, auditoria de resíduos na área.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

5.4 Conclusões

A identificação das rotinas operacionais que mais impactam o meio ambiente foi feita com base em informações da operação valendo-se de questionário e processamento da estatística.

As diferenças entre as rotinas que cada empresa classificou como impactante para o meio ambiente

demonstra que a questão ambiental ainda não é totalmente difundida ou não tem o mesmo peso para a gestão das empresas.

Para demonstrar a necessidade de mudar o estado atual dos cenários apresentados, é relevante avaliar com profundidade os impactos que cada operação ou rotina provoca ao meio ambiente. O conhecimento dos fatores que afetam diretamente os impactos ambientais facilita o convencimento da equipe de operação e parte de linguagem própria dos operadores e da cultura da empresa.

Ao reunir material teórico e prático sobre cada rotina, é possível preparar material de treinamento e demonstrar a importância da mudança dos procedimentos operacionais para diminuir perdas a partir da otimização de cada procedimento.

A utilização da mesma linguagem da equipe, facilita a identificação dos problemas e a abertura para os problemas do dia-a-dia passa a existir. No entanto, esse comportamento somente será mantido se as recomendações e práticas gerenciais adquirirem rumos condizentes com as novas necessidades identificadas ou sentidas.

Foi identificado que as rotinas, estatisticamente classificadas como mais impactantes para o meio ambiente, possuem algumas características comuns quase todas, ou seja:

- o gerenciamento de rotina das ações executadas pela operação precisa ser constantemente melhorado e auditado.
- a operação e a manutenção precisam revisar periodicamente a recomendação de estoque de materiais.
- manter programa de treinamento contínuo para a operação a fim de atender as necessidades de rotina que são dinâmicas em virtude das características dos processos.
- quando a alta administração se pronuncia em relação a conviver com vazamentos vs produzir, a operação tem referência para trabalhar.
- é fundamental que a fábrica possua programa de inspeção adequado às necessidades da planta.
- para acompanhar o processo da planta, é essencial a execução de um plano de aferição das malhas de temperatura e pressão críticas no campo e painel.
- o acompanhamento da qualidade do efluente na fonte (investigação) ou no lançamento (rotina) são importantes para conhecer o impacto das ocorrências na operação.
- toda indústria deve ter um programa de acompanhamento estatístico de processos para as correntes críticas.

Foi considerado que as atitudes e técnicas adequadas para evitar impacto ao meio ambiente estão descritas no item já apresentado "Ações de adequação", item 5.3.

As principais atividades de controle para o acompanhamento das mudanças nas rotinas operacionais são:

- auditoria de procedimentos no campo e em serviços.
- relatórios de ocorrências da operação.
- índice de retrabalho e índice de falta de materiais adequados por serviço.

- auditoria de procedimentos (gerenciamento da rotina).
- auditoria de ordem e limpeza (inclusive resíduos com responsabilidades).
- número de ocorrências anormais na produção por período.
- número de recomendações de inspeção não realizadas / totais; número de devoluções / recebimento.
- número de ocorrências por falha de projeto / total, serviços não liberados por desvios de tubulação / total.
- estatística de itens de controle da operação.
- auditoria do estoque de almoxarifado, número de serviços com falta de material / número total de serviços.
- auditoria de resíduos na área.

O conhecimento de que a rota ideal desejada não é atingida pela operação, não precisa ser considerado um problema. O simples fato de desenvolver atividades de análise de risco e construção de cenários, com a base de dados da operação, demonstra amadurecimento da equipe.

O simples fato de operação detectar este ou aquele evento e preocupar-se corrigi-lo confirma que a equipe internalizou a metodologia de rotinas limpas; com isso os resultados passam a ser claros no sentido de minimizar o custo e motivar a equipe de operação.

Dessa forma, esses resultados passam a ser consequência do trabalho desenvolvido em conjunto com a equipe de operação. Assim, monitorar os itens de controle é atividade de rotina dos líderes.

Para finalizar, deve-se observar que mesmo operações consideradas simples e rotineiras possuem, normalmente, elevado potencial de melhoria que precisa ser explorado. Para esta otimização, um dos caminhos efetivos é a implantação de um programa que isole cada operação e a analise criteriosamente sob todos os pontos de vista, principalmente sob a visão de quem a executa, o técnico de operação. Esse não é um trabalho simples, mas os resultados são sempre vantajosos e melhores quanto mais multidisciplinar for o grupo que o desenvolver.

O natureza reclama por melhor tratamento. A vida, sob todas as suas formas, não tem preço e tem de ser preservada. O homem não pode mais se omitir e repetir os erros do passado. Os procedimentos precisam ser modificados; é necessário, pois, iniciar imediatamente, um trabalho de limpeza e, para isso, já existe solução efetiva. Essa solução passa pela implantação de um programa de rotinas limpas na operação da indústria.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, Normas NBR-14000.
2. Ávila, S., Relatórios de atividades desenvolvidas nas indústrias do Pólo Petroquímico. Camaçari. 1992-1998. mimeo.

3. Curran, Linda M., Waste minimization practices in the petroleum refining industry, Journal of Hazardous Materials, Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V., 29, 1992, p. 189-197.
4. Embrapa, Atlas de Meio Ambiente, Editora Terra Viva, 2ª Edição, 1996.
5. Institute of Environmental Management, The Environmental Manager's Manual, 1995.
6. Isalski, W. H. et al, ENVOP for waste minimisation - Icheme Environmental Protection Bulletin 034 - Manchester, UK, january -1995.
7. Kenneth, E. N., Use these ideas to cut waste, Hydrocarbon Processing, Dow Chemical, USA, March 1990.
8. Kobylinski, E. A., Hunter, G. L., Waste Water – prevent pollution at its sources. Chemical Engineering, june 1992.
9. Legislação Básica do Estado da Bahia.
10. Processu – Consultoria e Treinamento, Manual - Trocadores de Calor para Operação, 1ª Edição 1997.
11. Processu – Consultoria e Treinamento, Manual Escoamento de Fluidos, Tubulações e acessórios, 1ª Edição 1997.
12. Processu – Consultoria e Treinamento, Manual - Bombas para operação, 1ª Edição 1997.
13. SMITH, Robin. Waste minimization in the process industries, A Chemical Engineer Reprint, TCE, 1991.
14. Telles, P. Silva Tubulações Industriais, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 7ª edição, 1988.
15. USEPA, Profile of the Organic Chemical Industry, EPA/310-R-95-012, Washington, 1995.

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1 - Questionário de Pesquisa

7.2 Anexo 2 - Matriz de dados

7.3 Anexo 3 - Gráfico de barras - Rotinas operacionais

7.4 Anexo 4 - Gráfico de barras - Rotinas operacionais por empresa (1,2,3,4,5)

7.5 Anexo 5 - ENVOP e Cenários

7.6 Anexo 6 - Planilhas e ENVOP - Cenários

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1 - Questionário de Pesquisa

Apresentação

O papel do operador em indústrias químicas define o resultado da empresa. O conhecimento exato dos riscos ambientais de cada rotina facilita o controle das operações e do processo da planta.

Manter as rotinas limpas nas operações da indústria é uma atividade que auxilia na "estabilização do processo" e envolve toda a equipe de operação em mudanças de padrão e de procedimentos. O compromisso com o meio ambiente enquanto política da empresa deve ser implementado no "chão da fábrica" e defendido pela alta administração da empresa.

O Trabalho que está sendo apresentado envolve diretamente o operador que precisa ser informado e treinado sobre as questões de processo, exigências ambientais, novos padrões de operação, custos de produção e tecnologias mais limpas.

O resultado da adoção de novos padrões ambientalmente corretos na operação é sentido através da diminuição de perdas para o meio ambiente e da diminuição de falhas do processo como um todo. O operador vai avaliar os riscos ambientais antes de efetuar os procedimentos de rotina ou procedimentos inéditos. Toda a equipe terá conhecimento dos principais cenários de impactos ambientais provocados por atividades na operação. No turno sempre haverá pessoal treinado para calcular e avaliar os custos decorrentes de ações incorretas na produção tanto em termos de material perdido quanto em relação à imagem da empresa.

O objetivo deste questionário é identificar as atividades que mais impactam ao meio ambiente na operação de fábrica. Após a identificação destas áreas, serão realizadas entrevistas com pessoal da operação e será feita análise de risco ambiental com as melhores opções para diminuir perdas, geração de resíduos e vazamentos diversos.

Instruções

1. Este questionário será enviado através de e-mail primeiramente e os originais através de correio ;
2. Este questionário será aplicado para Técnicos de Operação e ou Supervisores, durante palestra de apresentação do trabalho no auditório do COFIC ;
3. A Formatação preparada para a resposta do questionário não requer instruções adicionais pois o objetivo é levantar estatística sobre as atividades de rotina na operação.
4. Cada operação com potencial de impacto ambiental será submetida a 04 níveis de avaliação. Primeiramente será identificado o seu potencial de impacto (pequeno ou nenhum, médio e alto impacto), em seguida será identificada em que área da indústria tem esta operação mais representada (tancagem e movimentação, processo ou efluentes e utilidades), então se identificará em que turno da operação os impactos podem ser mais frequentes, finalizando com a identificação do tipo de operação que estaria mais contribuindo para este impacto ambiental, ou seja, operação pelo campo ou pelo painel.
5. Os efeitos de pequeno, médio e alto impacto será entendido como:

Pouco impacto = efeitos a longo prazo, pouco percebida pelos sentidos do homem, sem efeito imediato ao meio ambiente;

Médio impacto = efeito a curto prazo, podendo causar interrupção da operação, intoxicação dos operadores, contaminação do solo ou ar ou rios, passível de intervenção dos órgãos ambientais;

Alto impacto = Efeito imediato, causando explosão ou incêndio ou evacuação de áreas, com interrupção da operação, intoxicação dos operadores, contaminação do solo ou ar ou rios e intervenção dos órgãos ambientais.

6. Caso haja outras atividades enumeradas que não estão listadas, tem espaço disponível para a inclusão e classificação ;
7. A identificação do funcionário, será opcional, no entanto a única utilização que será dada para os respondentes identificados, será para uma consulta futura, no caso de dúvidas quanto à resposta dada.
8. Anexo ao questionário, será apresentada uma fixa para identificação dos respondentes, onde estaremos avaliando o perfil dos técnicos que contribuíram para a realização deste trabalho, que muito será útil para identificarmos a abrangência do mesmo.
9. Como ilustração apresentamos um exemplo/interpretação de uma rotina operacional submetida ao questionário:

Atividade impactante: **Limpeza de carburador em oficina mecânica**

X	Pouco impacto						Médio impacto						Alto impacto				
3	Efluente/utilidades					2	Processo					1	Tancagem/movimentação				
	0-8		8-16	X	16-0		0-8	X	8-16		16-0		0-8	X	8-16		16-0
X	Campo			Painel		X	Campo			Painel		X	Campo			Painel	

Segundo as respostas acima, entende-se que esta atividade tem pouca probabilidade de impactar o meio ambiente, sendo ela mais representativa na área de tancagem/movimentação, seguida pela área de processo e por último na área de efluentes e utilidades. Confirma-se o turno de 16:00 às 0:00 horas o horário de maior risco para a área de efluentes e o turno de 8:00 às 16:00 horas o horário de maior risco para as áreas de processo e tancagem/movimentação. Para todas as áreas mostrou-se que operações de campo são as mais passíveis de provocar impactos ambientais.

1. Atividade impactante: **Amostragem**

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

2. Atividade impactante: **Bombeamento de fluido (líquido ou gás)**

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

3. Lavagem de área

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

4. Limpeza de filtros

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

5. Steam out de equipamentos e tubulação

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

6. Uso de mangote

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

7. Drenagem de equipamentos

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

8. Paradas de planta

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

9. Partida de Plantas

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0	0-8		8-16		16-0	0-8		8-16		16-0		
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

10. Mudanças de Campanha

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

11. Transferência de sólidos

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

12. Operação de chaminés e lavadores de gases

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

13. Descontrole de pressão

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

14. Descontrole de nível

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

15. Descontrole no tempo de resposta das malhas de controle

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

16. Gerenciamento de embalagens

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

17. Vazamento em equipamentos enterrados

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

18. Vazamentos em bombas – selagem, manutenção e lubrificação

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

20. Vazamento na selagem do compressor

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

21. Presença de líquido/sólido na sucção de compressores

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

22. Vazamento em misturadores

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

23. Gerenciamento de resíduos

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

24. Falhas na medição de vazão de matéria prima

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

25. Vazamentos através de válvulas de alívio e de segurança

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

26. Vazamentos no corpo ou gaxeta das válvulas de controle

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

27. Manuseio de matéria prima no estado gasoso

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

28. Descontrole no ciclo de adsorção/desorção

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

29. Descontrole em sistemas de decantação e separação

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

30. Contaminação do solvente ou da corrente aquosa gerando resíduo – extratora

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

31. Regulagem na queima de fornos

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

32. Perfil oscilante da destilação

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

33. Controle do sistema de água gelada – vazão e temperatura

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

34. Descontrole em sistemas de separação por criogenia , pressão e vazão

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

35. Controle do sistema de resfriamentos

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

36. Furo em trocadores de calor

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

37. Sujeiras em trocadores de calor

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

38. Contaminação através de Sistema de equalização de pressão

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

39. Contaminação através de sistemas de inertização

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

40. Contaminação através de sistemas de venteio

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

41. Vazamentos / perdas no manuseio de produtos acabados

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

42. Formação de resíduo por descontrole de reação química - estequiometria

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

43. Geração de resíduo por descontrol de reação química - temperatura

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

44. Geração de resíduo por descontrol de reação química - agitação e contaminação

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

45. Descontrol de processo por baixa qualidade da corrente de reciclo

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

46. Descontrol do sistema de vácuo

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

47. Aquecimento deficiente de tubulações

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

48. Vazamento por flange de tubulação

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

49. Vazamento por ataque externo em tubulação

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

50. Vazamentos em válvulas de bloqueio

	Pouco impacto					Médio impacto					Alto impacto						
	Efluente/utilidades					Processo					Tancagem/movimentação						
	0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0		0-8		8-16		16-0
	Campo			Painel			Campo			Painel			Campo			Painel	

51.

Pouco impacto				Médio impacto				Alto impacto			
Efluente/utilidades				Processo				Tancagem/movimentação			
0-8	8-16	16-0		0-8	8-16	16-0		0-8	8-16	16-0	
Campo		Painel		Campo		Painel		Campo		Painel	

52.

Pouco impacto				Médio impacto				Alto impacto			
Efluente/utilidades				Processo				Tancagem/movimentação			
0-8	8-16	16-0		0-8	8-16	16-0		0-8	8-16	16-0	
Campo		Painel		Campo		Painel		Campo		Painel	

53.

Pouco impacto				Médio impacto				Alto impacto			
Efluente/utilidades				Processo				Tancagem/movimentação			
0-8	8-16	16-0		0-8	8-16	16-0		0-8	8-16	16-0	
Campo		Painel		Campo		Painel		Campo		Painel	

Identificação do(s) respondente(s) - Opcional:

1. Nome(s) completo: _____
2. Função: _____
3. Tempo de experiência: _____
4. Empresa(s): _____
5. Principais produtos da(s) empresa(s): _____
6. Idade da(s) empresa(s): _____
7. Localização: _____

- Rua/Av.: _____ N.: _____ Bairro: _____
 _____ CEP: _____ Cidade: _____
 _____ Telefone: _____ Fax: _____
- Rua/Av.: _____ N.: _____ Bairro: _____
 _____ CEP: _____ Cidade: _____
 _____ Telefone: _____ Fax: _____
- Rua/Av.: _____ N.: _____ Bairro: _____
 _____ CEP: _____ Cidade: _____
 _____ Telefone: _____ Fax: _____

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

7. ANEXOS

7.2 Anexo 2 - Matriz de Dados

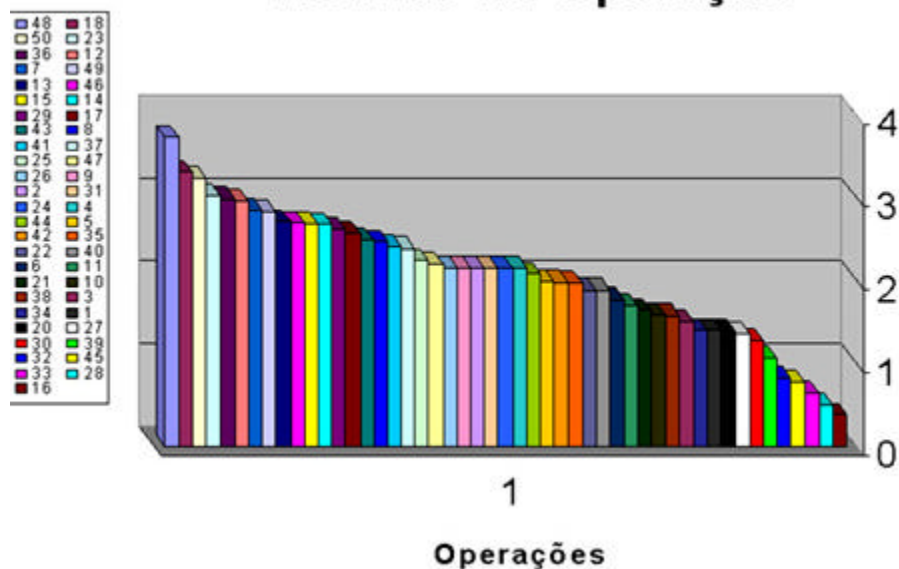
Este material não está disponível em meio digital

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

7. ANEXOS

7.3 Anexo 3 - Gráfico de Barras - Rotinas Operacionais

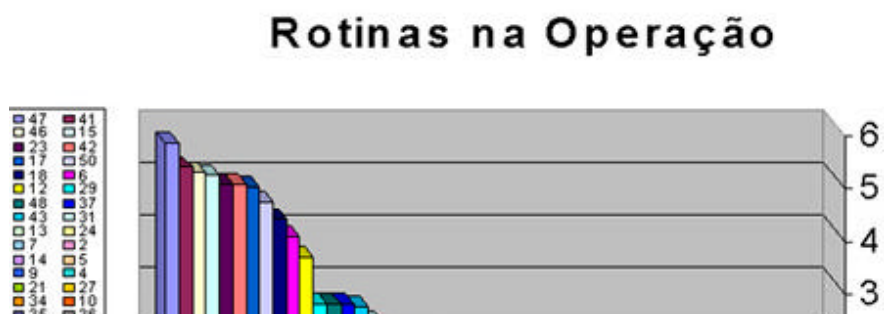
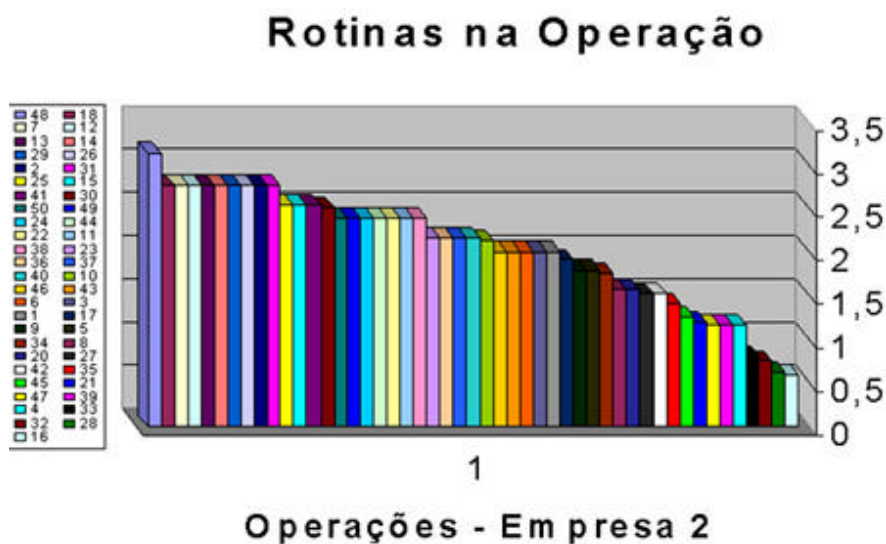
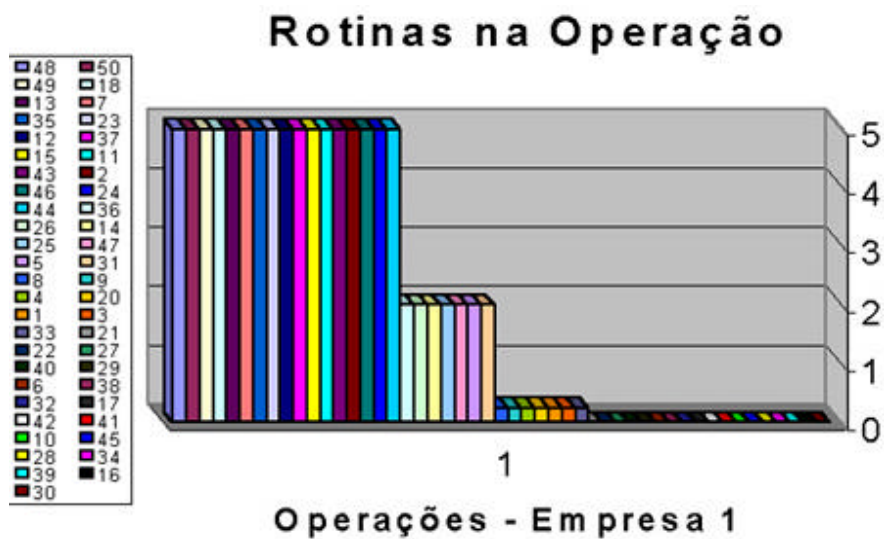
Rotinas na Operação

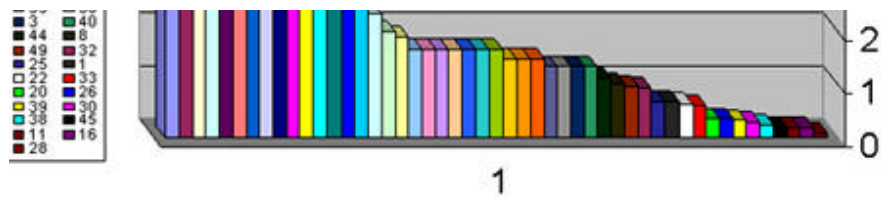


Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

7. ANEXOS

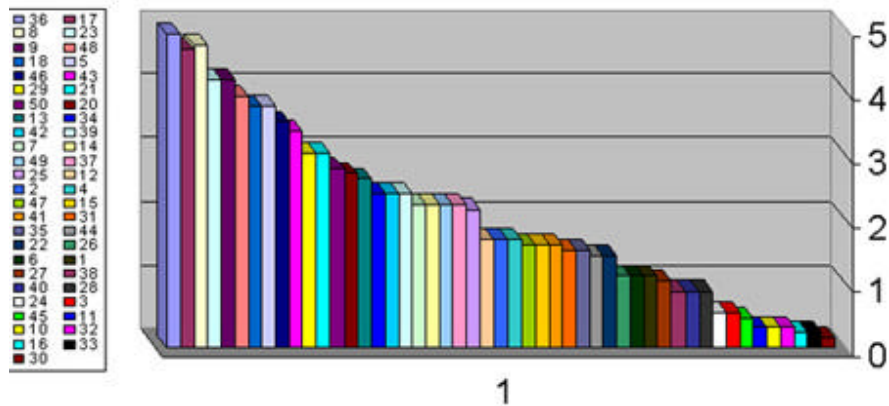
7.4 Anexo 4 - Gráfico de Barras - Rotinas Operacionais por Empresa (1,2,3,4,5)





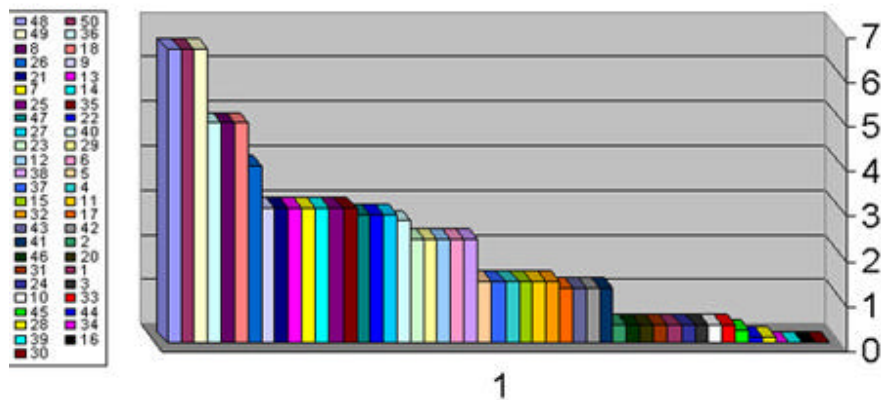
Operações - Em presa 3

Rotinas na Operação



Operações - Em presa 4

Rotinas na Operação



Operações - Em presa 5

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

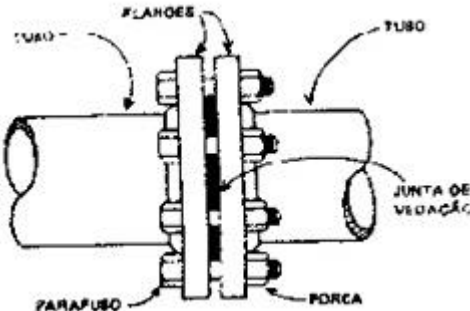
7. ANEXOS

7.5 Anexo 5 - ENVOP e Cenários

Anexo 5A - Formulário - ENVOP - Análise de Risco Ambiental

ANEXO 5A - FORMULÁRIO - ENVOP - ANALISE DE RISCO AMBIENTAL													
Título/Nº do Projeto :		Fluxograma No :		Genérico		Unidade:		Fase do Processo:		Transferência de fluidos		Página: 01/01	
Vazamento por Flange de Tubulação													
Item	Ref.	Ação iniciadora do Risco	Objetivos						Investigação	Comentários	Ação		
			1	2	3	4	5	6					
01/O	Nor PT	Serviço (sem) Permissão de Trabalho	X	X	O	O	O	X	Através de auditorias no Campo e nos serviços	A PT deve ser mais que um registro	Superv. Produção		
02/O	Ger Rt	Ronda da operação (sem) qualidade e periodicidade	X	X	O	O	O	X	Auditoria nos relatórios de ocorrência e campo	Por medo ou displicência ou indisciplin	Superv. Produção		
03/M	Procd	Serviços de manutenção (sem) qualidade adequada	X	X	O	O	O	X	Acompanhamento - índices de retrabalho em tubul.	Considerar perc.mx=4% e ideal=1,5%	Sup. Manutenção		
04/M	Mater	Material (não) disponível ou (não) adequado	X	X	O	O	O	X	Auditoria no Controle de Estoque vs ocorrências	Consultar a operação qto a exis. Mater.	Sup. Suprimentos		
05/G	Procd	Treinamento na Rotina da operação (inadequado)	X	X	O	O	O	X	Avaliar e Revisar programa de treinamto	Os índices de node ocorrências indicam	Superv. Produção		
06/G	Vazmt	(Sem) política clara quanto a vazamentos em geral	X	X	O	O	O	X	Entrevistar operadores de campo e painel-Política	Entrevista feita por "pessoas chaves	Técnicos/planta vz		
07/I	Prog	(Não) execução do Programa de Inspec. e recomen	X	X	O	O	O	X	Acompanhamento - índices de retrabalho em tubul.	Considerar perc.mx=4% e ideal=1,5%	Sup. Manutenção		
08/I	Mater	(Não) inspeção de materiais adquiridos	X	X	O	O	O	X	Acompanhamento - índices de retrabalho em tubul.	Considerar perc.mx=4% e ideal=1,5%	Sup. Manutenção		
09/P	Com/c	(excesso) de componentes corrosivos na corrente	X	X	O	O	O	X	Estatística de resultados analíticos no processo	Fazer análise de espessura extra	Engenheiro Prod		
10/P	Temp	(excesso)de tempert. fluido afetando material da tub.	X	X	O	O	O	X	Verific. do termopar e Estatística de temperaturas	Verificar na literatura limites de Temp/t	Engenheiro Prod		
11/Pr	Layout	Lay-out(inadequado) provocando stress na tubulação	X	X	O	O	O	X	Prog.Parada e desmontar para avaliar desvio	Acima de 2% no alinhamento, corrigir desvio	Engenheiro Proj		
12/P	Com/e	(excesso) de componentes erosivos na corrente	X	X	O	O	O	X	Estatística de resultados analíticos no processo	Fazer análise de espessura extra	Engenheiro Prod		
Pessoal envolvido :		Preparado por :Salvador Ávila							Data :	Aprovado por: #/O-operação;#/P-processo;#/G-gerenciam.			

Anexo 5A - Descrição dos Cenários

ANEXO 5A - DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS					
Desenho simplificado		Cenário : Vazamento por Flange de Tubulação			
		Refers : Tubulações Industriais (Pedro Silva Telles)			
		Descrição : Pequenos vazamentos não param fábrica portanto são mais fáceis de conviver. Este pensamento favorece os vazamentos por flange de tubulação que surgem devido, principalmente, aos seguintes fatores : * Junta inadequada - material não apropriado ou junta "mordida" na montagem; * Corrosão ou erosão do fluido na tubulação devido a material inadequado ou devido a tempo de vida ultrapassado para o serviço ; * Montagem inadequada provocando níveis elevados de tensão no material. Os vazamentos por flange de tubulação usualmente são classificados como emissões fugitivas no processo e podem ,após vazar, flashear na forma de gás impactando a atmosfera da planta, ou, pingar na forma líquida e ser lavado / carreado para as canaletas do sistema orgânico ou inorgânico (depende da posição da tubulação na área).			
Aspectos Tecnológicos	Conhecimento da Equipe	Procedimento Operacional		Aspectos de Manutenção	Diretrizes Gerenciais
Serviços realizados corretamente : pessoal, juntas, material de tubulação, projeto realizado corretamente : lay-out para evitar tensões, materiais adequados para evitar corrosões ou erosões	Supervisionar serviços de caldeiraria corretamente – liberação e fechamento. Saber avaliar o nível de vazamento de flanges de tubulação e conhecer o histórico de trechos de tubulação	Permissão de Trabalho (PT) e acompanhamento de serviços são atividades fundamentais executadas pela operação. A PT é uma autorização escrita para execução das tarefas, inclui serviços em tubulação para sanar vazamentos. O acompanhamento de rotina da operação permite a localização de eventuais vazamentos.		Serviços realizados corretamente Materiais adequados disponíveis para uso Conhecimento do histórico de trechos de tubulação Conhecimento do processo quanto a variações do fluido e existência de contaminantes	Acompanhar retrabalho e adequar manutenção e operação quando necessário Acompanhar intervenções em trechos de tubulação para revisar o projeto e tomar ações preventivas para evitar novos vazamentos.
					MS e DQO alterados no Efluente orgânico e pluvial – depende do local que vaza

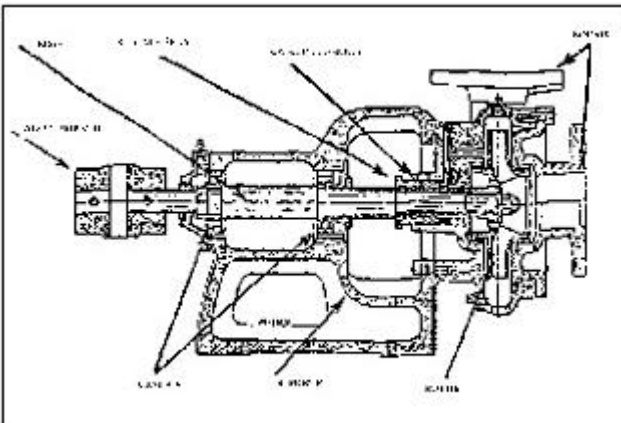
Fatores Sinérgicos	Inspeção deficiente - o não conhecimento do histórico da planta e dos trechos de maior risco, fazem com que os vazamentos apareçam na forma de "loteria". Equipamentos antigos - é necessário renovar os equipamentos e tubulações antigas quando o custo de manutenção ultrapassar o custo de investimento.	Participantes : Salvador Ávila e Luiz Santos
		Responsável : Salvador Ávila
		Data :19/02/99

Anexo 5B - Formulário - ENVOP - Análise de Risco Ambiental

ANEXO 5B - FORMULÁRIO - ENVOP - ANALISE DE RISCO AMBIENTAL												
Título/Nº do Projeto :		Fluxograma No :	Genérico	Unidade:	Fase do Processo:	Transferência de fluidos	Página:	1/01				
Vazamento em Bombas pela selagem ou devido a problemas de lubrificação e de manutenção												
Ítem	Ref.	Ação iniciadora do RISCO	Objetivos						Investigação	Comentários	Ação	
			1	2	3	4	5	6				
01/G	TreinO	(falta) de treinamento para operadores - bombas/prát	X	X	X	X	X	X	Acompanhar estatística de ocorrências c/ bombas	Deve ser incentivado o registro de ocorr.	Sup. Produção	
02/G	TreinM	(falta) de treinamento para mecânicos - montagem	X	X	X	X	X	X	Acompanhar estatística de ocorrências c/ bombas	O mesmo para a manutenção.	Sup. Manutenç	
03/G	Seleç	(falta) critério para perfil de operador - con/mecânica	X	X	X	X	X	X	Avaliar perfil requerido para as vagas de operação	Contratar operador que seja mecânico	RH	
04/O	Proced	(falta) de Proc. Gerenciamento de Rotinas na Oper.	X	X	X	X	X	X	Revisar ou preparar procedimento	Os proced. Ger. Rotina serão auditados	Auditor Interno	
05/Pr	Escolh	(falta) de participação da operação na escolha da b.	X	X	X	X	X	X	Separar tempo de Técnico p/ participar de projeto	Entrevistar técnicos da linha de frente	Tecnico de Op	
06/P	comp	(variação) de composição em relação ao projeto	X	X	X	X	X	X	Avaliar processo , balanço de massa	Em tempo real	Eng. Processo	
07/P	temp	(maior) temperatura de operação da bomba	X	X	X	X	X	X	Avaliar processo , balanço de energia	Em tempo real	Eng. Processo	
08/P	press	(maior)/(menor) pressão de operação da bomba	X	X	X	X	X	X	Avaliar condições de operação	Em tempo real	Eng. Processo	
09/P	vazão	(maior)/(menor) vazão de operação da bomba	X	X	X	X	X	X	Avaliar condições de operação e riscos	Em tempo real	Eng. Processo	

10/M	Proced	(falta) de Proc. Gerenciamento de Rotinas na Manut	X	X	X	X	X	Revisar ou preparar procedimento	Os proced. Ger. Rotina serão auditados	Auditor Interno
11/M	Mater	(falta) de critérios no uso de materiais pela Manuten	X	X	X	X	X	Auditar os Serviços de rotina da manutenção	Auditoria pelo Cliente interno	Operador
Pessoal envolvido :		Preparado por : Salvador Ávila			Data :		Aprovado por :		#/O- operação; #P- processo; #/G- gerenciam.	

Anexo 5B - Descrição dos Cenários

ANEXO 5B - DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS					
Desenho simplificado			Cenário : Vazamento em Bombas pela selagem ou devido a problemas de lubrif. e de manut.		
			Refs : Manual de bombas para Operadores pela Processu - Treinamento		
			Descrição : Bomba centrífuga é o equipamento rotativo mais utilizado na indústria química e petroquímica para transferência de fluidos líquidos e, portanto, o equipamento onde podem ocorrer vazamentos de diversos tipos pela gaxeta, pela selagem, por manutenção ou lubrificação inadequadas. Gaxeta - Tem como principal função proteger a bomba contra vazamentos nos pontos onde o eixo passa através da carcaça. A caixa de gaxetas usualmente tem forma de cilindro que acomoda anéis de gaxeta . Selagem - Em muitos casos em que há necessidade de um vedamento muito mais rigoroso do que é conseguido com a caixa de gaxetas, o sistema empregado é o selo mecânico. Manutenção - a troca de peças de reposição em bombas pode ser mal feita ou pode se reinstalar peças usadas por falta no estoque ou até pode-se realizar montagem inadequada de bomba gerando vazamentos. Lubrificação - as rotinas de lubrificação devem ser feitas à risca para evitar problemas de aquecimento nas bombas. Avaliação de viscosidade, conferência de nível do óleo e troca de óleo são atividades essenciais.		
Aspectos Tecnológicos	Conhecimento da Equipe	Procedimento Operacional	Aspectos de Manutenção	Diretrizes Gerenciais	Disposição Final
Tipos de selagem - selo mecânico, selagem hidrodinâmica. Tipos de gaxetas - simples ou encamisadas. Tipos de lubrificação - forçada, pinos graxeiros, engraxadeira manual.	Rotinas de verificação : * vazamento em bombas * falta de lubrificação * aquecimento * cavitação * pressão de descarga * sujeira nos filtros de bomba	Gerenciamento de Rotinas na Operação. Operação com bombas na área.	Gerenciamento de Rotinas na Manutenção.	Evitar a ocorrência dos seguintes eventos : 1. queima de motor por sobreaquecimento; 2. trancamento de bombas por falta de lubrificação; 3. Cavitação excessiva de bombas; 4. troca excessiva de gaxeta ou de selo mecânico; 5. Trabalhar sem filtro nas bombas;	Efluente orgânico Atmosfera Afeta diretamente a Saúde do trabalhador. São vazamentos pequenos mas contínuos.

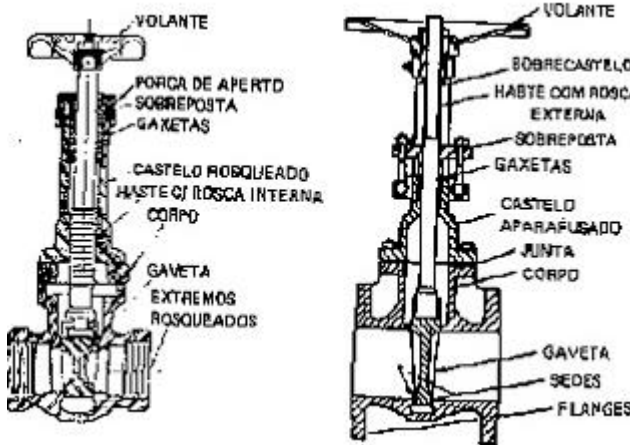
				6.Trabalhar c/ bombas mui acima pto opera	
<u>Fatores Sinérgicos</u>	Condição de operação - bombas operando acima da condição de projeto, principalmente em relação à carga e composição da corrente. Tecnologia vs processo- Projeto realizado sem a participação da operação, renova-se a tecnologia sem condições de operar. Rotinas de manutenção- equipes de operação e de manutenção alertas para problemas em bombas.			Participantes : Salvador Ávila e Luiz Santos	
				Responsável : Salvador Ávila	
				Data :20/02/99	

Anexo 5C - Formulário - ENVOP - Análise de Risco Ambiental

ANEXO 5C - FORMULÁRIO - ENVOP - ANALISE DE RISCO AMBIENTAL												
Título/Nº do Projeto :		Fluxograma No :	Genérico	Unidade:	Fase do Processo:	Transferência de fluidos	Página:	01/01				
Vazamento em Bombas pela selagem ou devido a problemas de lubrificação e de manutenção												
Ítem	Ref.	Ação iniciadora do RISCO	Objetivos						Investigação	Comentários	Ação	
			1	2	3	4	5	6				
01/G	TreinO	(falta) de treinamento para operadores - bombas/prát	x	x	x	x	x	x	Acompanhar estatística de ocorrências c/ bombas	Deve ser incentivado o registro de ocorr.	Superv. Produção	
02/G	TreinM	(falta) de treinamento para mecânicos - montagem	x	x	x	x	x	x	Acompanhar estatística de ocorrências c/ bombas	O mesmo para a manutenção.	Supv. Manutenção	
03/G	Seleç	(falta) critério para perfil de operador - con/mecânica	x	x	x	x	x	x	Avaliar perfil requerido para as vagas de operação	Contratar operador que seja mecânico	RH	
04/O	Proced	(falta) de Proc. Gerenciamento de Rotinas na Oper.	x	x	x	x	x	x	Revisar ou preparar procedimento	Os proced. Ger. Rotina serão auditados	Auditor Interno	
05/Pr	Escolh	(falta) de participação da operação na escolha da b.	x	x	x	x	x	x	Separar tempo de Técnico p/ participar de projeto	Entrevistar técnicos da linha de frente	Tecnico de Opera	
06/P	comp	(variação) de composição em relação ao projeto	x	x	x	x	x	x	Avaliar processo , balanço de massa	Em tempo real	Eng. Processo	
07/P	temp	(maior) temperatura de operação da bomba	x	x	x	x	x	x	Avaliar processo , balanço de energia	Em tempo real	Eng. Processo	
08/P	press	(maior)/(menor) pressão de operação da bomba	x	x	x	x	x	x	Avaliar condições de operação	Em tempo real	Eng. Processo	

09/P	vazão	(maior)/(menor) vazão de operação da bomba	x	x	x	x	x	Avaliar condições de operação e riscos	Em tempo real	Eng. Processo
10/M	Proced	(falta) de Proc. Gerenciamento de Rotinas na Manut	x	x	x	x	x	Revisar ou preparar procedimento	Os proced. Ger. Rotina serão auditados	Auditor Interno
11/M	Mater	(falta) de critérios no uso de materiais pela Manuten	x	x	x	x	x	Auditar os Serviços de rotina da manutenção	Auditoria pelo Cliente interno	Operador
Pessoal envolvido:		Preparado por :Salvador Ávila			Data :		Aprovado por : #O--operação;#P--processo;#G--gerenciam.			

Anexo 5C - Descrição dos Cenários

ANEXO 5C - DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS					
Desenho simplificado			Cenário : Vazamento em Válvulas de Bloqueio		
			Refs : Manual de Tubulações e acessórios para Operadores pela Processu - Treinamento Descrição : Estas válvulas são destinadas a interromper o fluxo em uma tubulação. Como exemplos de válvula do tipo bloqueio temos a gaveta, macho e esfera - válvulas onde há possibilidade de vazamentos nas juntas e gaxetas. As válvulas mais comuns são do tipo gaveta que só devem trabalhar completamente abertas ou fechadas. Quando parcialmente abertas, causam perdas de carga muito elevadas e também laminagem da veia fluida, acompanhada muitas vezes de cavitação e violenta corrosão ou erosão. As principais causas de vazamentos em válvulas de bloqueio são : 1) operar parcialmente abertas afetando os internos até que provoque vazamento para fora; 2) por não ter estanqueidade total, o operador força a sede da válvula e os internos até provocar vazamentos; 3) uso de juntas e gaxetas não apropriadas em caso de manutenção; 4) uso de válvulas com materiais não apropriados para o serviço; 5) fluido de processo sujo prejudicando uso das válvulas de bloqueio.		
Aspectos Tecnológicos	Conhecimento da Equipe	Procedimento Operacional	Aspectos de Manutenção	Diretrizes Gerenciais	Disposição Final
Projeto do processo deve especificar condições de temperatura e variações possíveis nas correntes prevendo possibilidades de presença de sólidos ou gases junto com o líquido; As válvulas de	Rotinas de verificação : * vazamento nas válvulas; * amostragem e análise visual do fluido; * estimativa de vazamento p/ h; * tempo estimado de vida por trecho de tubulação; * Identificar cavitação, corrosão ou erosão em válvula através de ruído e inspeção	Gerenciamento de Rotinas na Operação - Ronda Operação com válvulas de bloqueio.	Gerenciamento de Rotinas na Manutenção.	Evitar a ocorrência dos seguintes eventos : 1. não permitir vazamento em válvulas de bloqueio acima de 8 ml/min para fluido não crítico e 1 ml/min	Efluente orgânico Atmosfera Afeta diretamente a Saúde do trabalhador. São vazamentos pequenos mas contínuos.

bloqueio são escolhidas dependendo das condições do processo projetado.				para fluidos críticos; 2. Evitar cavitação em válvulas; 3. possuir em estoque válvulas reservas para serviços críticos	
<u>Fatores Sinérgicos</u>	Condição de operação - válvulas operando acima da condição de projeto, principalmente em relação à carga e composição da corrente. Rotinas de manutenção- equipes de operação e de manutenção alertas para problemas em válvulas.			Participantes : Salvador Ávila e Luiz Santos Responsável : Salvador Ávila Data :20/02/99	

Anexo 5D - Formulário - ENVOP - Análise de Risco Ambiental

ANEXO 5D - FORMULÁRIO - ENVOP - ANALISE DE RISCO AMBIENTAL												
Título/Nº do Projeto :		Fluxograma No :	Genérico	Unidade:	Fase do Processo:	Estocagem e destino de resíduos sólidos	Página:	1/01				
Gerenciamento de Resíduos												
Ítem	Ref.	Ação iniciadora do RISCO	Objetivos						Investigação	Comentários	Ação	
			1	2	3	4	5	6				
01/G	Cultura	(grande) centralização das ações na produção/supr.	X	X	X	X	O	X	Em reuniões de coordenação delegar e feed-back	muitos responsáveis/nenhum responsável	Diretor	
02/G	Política	(falta) de política clara na área ambiental	X	X	X	X	O	X	Entrevistar operadores : redigir o que entende da P.	"ser ambientalmente correto ..."	Diretor	
03/G	Físico	(falta) de área para disponibilização temporária resíduo	X	X	X	X	O	X	Avaliação física para disponibilização de boxes	"bota ali que é só por uns 3 dias ..."	Sup Produção	
04/G	Discip	(falta) definir autoridade e responsabilidade sobre res	X	X	X	X	O	X	Avaliar emissão de documentos, CI's, pareceres	"quem vai fazer e quem pode fazer fazer"	Sup Produção	
05/G	Proced	(falta) definir no Gerenciamento da Rotina =>resíduo	X	X	X	X	O	X	Acompanhar Rotina em turnos diversos	A rotina da operação inclui gerenciar res	Sup Produção	
06/O	Rotina	(falta) executar o que está no procedimento	X	X	X	X	O	X	Acompanhar Rotina em turnos diversos	falta de condição ou falta de vergonha ?	Operador	

07/O	Planej	(falta) visão espacial e temporal do supervisor	X	X	X	X	O	X	Através de reuniões acompanhar posição dos superv	Supervisor coordena e também executa	Superv Turno
08/S	Proced	(falta) definir regras quanto à embalagens : ent/saíd	X	X	X	X	O	X	Verificar existência de proced. e sacaria na área	O Gerenciamento de resíduo na entrada	Sup. Suprim
09/G	Legisl	(falta) de conhecimento das leis e sua dinâmica	X	X	X	X	O	X	Teste de conhecimento - legislação para supervisores	Fazer o que está escrito não é suficiente	Engenheiro P
10/G	Proced	(falta) Auditoria de Resíduos e Limpeza da área	X	X	X	X	O	X	Avaliar organização das áreas	responsabilidade definida/auditoria confirma	Sup Produção
11/O	Treina	(falta) Treinamento de sensibilização-riscos do resí	X	X	X	X	O	X	Entrevistar operadores : redigir o que entende de R.	muitas vezes falta conhecimento básico	Sup Produção
12/O	Educ	(falta) Campanha motivadora para gerenc. Resíduos	X	X	X	X	O	X	Acompanhar limpeza das fardas próprias	para mudar cultura é necessário educar	Diretor
13/M	Proced	(falta) Organização nos resíduos gerados	X	X	X	X	O	X	Acompanhar Rotina em turnos diversos	Manutenção com resíduo mínimo e certo	Sup Manutenç
Pessoal envolvido :			Preparado por : Salvador Ávila			Data :			Aprovado por : #/O—operação; #/P—processo; #/G—gerenciam.		

Anexo 5D - Descrição dos Cenários

ANEXO 5D - DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS	
Desenho simplificado	Cenário : Gerenciamento de Resíduos
	Refs : Atlas de meio ambiente, The Environmental Manager's Manual, Legislação Básica do Estado da Bahia, Metodologias da Processu-Consultoria Descrição : As equipes da operação estão cada vez mais enxutas e a legislação ambiental está cada vez mais rigorosa, o Gerente da Produção tem um desafio pela frente : cuidar do resíduo gerado pela área até a sua destinação final. Razões para o gerenciamento de resíduos falhar : 1) a prática da centralização tira a responsabilidade dos geradores de fato; 2) executar exatamente o que a legislação pede incorre no risco de multa devido às mudanças rápidas nas leis; 3) a falta de cuidado nos resíduos simples por ter menos risco gera uma cultura inadequada para a operação e para o controle de saída de resíduos da fábrica ; 4) apagar incêndio, falta de planejamento nas ações da operação, falta de conhecimento dos riscos reais de cada procedimento provoca problemas no gerenciamento de resíduos. Fontes de resíduos : sucata metálica (contaminada ou não); sucata plástica (sacaria e bags); tambores e barricas vazias ; resíduos recicláveis ; lixo doméstico ; resíduos de efluente ; resíduos provenientes da reação; resíduo proveniente de produto off-spec.

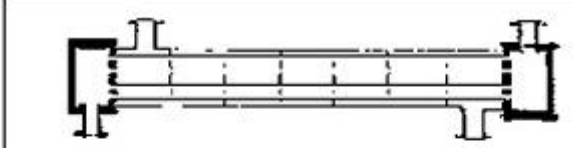
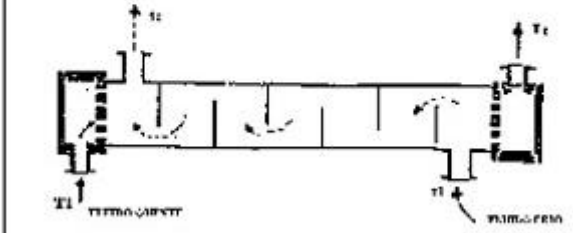
Aspectos Tecnológicos	Conhecimento da Equipe	Procedimento Operacional	Aspectos de Manutenção	Diretrizes Gerenciais	Disposição Final
Uso mínimo de embalagens Materiais adequados, mínimo de sucata gerada Tecnologia de Gerenciamento de resíduos adequada para a cultura da fábrica Delegação - Tecnologia gerencial	Legislação local, estadual e federal do meio ambiente Riscos dos resíduos para o meio ambiente e saúde do trabalhador Classificação de Resíduos	Gerenciamento de Resíduo : Entrada Seleção Classificação Transp int Acúmulo Saída Transpo Destino Int Transpo Destino Final	Gerenciamento de Resíduo : Classificação Transp int Acúmulo Saída	Delegação e Responsabilidade - quem faz o que Política clara descrevendo o que é ser ambientalmente correto Exigir disciplina quando as ferramentas e condições de trabalho existem	Incineração Reprocesso Reutilização Reciclagem externa Reciclagem interna
Fatores Sinérgicos	Diretrizes Gerenciais Inapropriadas - a falta de interesse, ou tentativa de garantir a fachada refletem na equipe de produção e tem como resultado uma fábrica suja com pessoas desinteressadas. Falta de Conhecimento do Operador - o envolvimento só vem com a sensibilização e o conhecimento - caso o operador não conheça quais são os padrões adequados, pouca coisa funciona na prática			Participantes : Salvador Ávila e Luiz Santos	
				Responsável : Salvador Ávila	
				Data : 21/02/99	

Anexo 5E - Formulário - ENVOP - Análise de Risco Ambiental

FORMULÁRIO - ENVOP - ANALISE DE RISCO AMBIENTAL												
Título/Nº do Projeto :			Fluxograma No :	Genérico	Unidade:	Fase do Proce:	Genérico	Página:	01/01			
Furos em trocadores de calor												
Item	Ref.	Ação iniciadora do RISCO	Objetivos						Investigação	Comentários	Ação	
			1	2	3	4	5	6				
01/Pr	Mater	escolha (inadequada) do material do tubo ou casco	X	X	X	X	O	O	Conhecer o histórico dos furos do trocador de calor	A qualidade do processo começa no Pro	Sup Proj/Eng Pro	
02/Pr	Tipo	escolha (inadequada) do tipo do trocador	X	X	X	X	O	O	Avaliar eficiência térmica e mecânica	Às vezes por uma questão prazo partida	Sup Proj/Eng Pro	
03/P	comp/c	fluido (mais) corrosivo do que fluido do projeto	X	X	X	X	O	O	Analisar a composição do fluido - estatística	Presença de ácido - instabilidade Proce	Engenheiro Proc	
04/P	comp/e	fluido (mais) erosivo do que fluido do projeto	X	X	X	X	O	O	Analisar a composição do fluido - estatística	Presença de sólido - instabilidade Proce	Engenheiro Proc	
05/P	Dtemp	trocador opera com Dtemp (maior) e (brusca) / proje	X	X	X	X	O	O	Acompanhar as operações com o trocador - T	... Provavelmente partida apressada...	Superv Produção	
06/P	Press	trocador opera com Pressão (muito diferente) do proj	X	X	X	X	O	O	Acompanhar as operações com o trocador - P	troca de sistemas e bombas afeta	Superv Produção	
07/O	Proced	procedimento de alinhamento e operação (inadequa)	X	X	X	X	O	O	Acompanhar rotinas de alinhamento e ope do troc	... Provavelmente partida apressada...	Superv Produção	

08/I	Progra	programa de inspeção (inadequado) para trocador	X	X	X	X	O	O	Conhecer o histórico dos furos do trocador de calor	o papel da inspeção é fundamental	Inspetor
09/P	Água	acompanhamento (falho) da qualidade da água /troc	X	X	X	X	O	O	Conhecer o histórico da água vs trocador	em muitas plantas, é considerado secun	Engenheiro Proc
10/M	Proced	procedimento de montagem/desmontagem (inadequado)	X	X	X	X	O	O	Avaliar tipos de vazamentos - relação com mont/desm	Não tem a junta, não tem o plug	Sup Manutenção
11/S	Mater	(falta) de /ou material (incorreto) para trocadores	X	X	X	X	O	O	Preparar não conformidade quando material inadeq	Vai essa mesma..., compensa aqui...	Sup Suprimentos
12/P	Vazão	vazão (maior) em relação ao projeto	X	X	X	X	O	O	Acompanhar performance térmica e mecânica	Carga da planta alterada	Engenheiro Proc
13/P	Vapor	qualidade de vapor (inadequada) - vapor e purgador	X	X	X	X	O	O	Avaliar purgador e vapor	em muitas plantas, é considerado secun	Engenheiro Proc
14/G	Prática	furo de trocador é considerado como evento (normal)	X	X	X	X	O	O	Estatística de furos em trocador	coloca aquele outro que está na sucata	Diretor
15/O	Emerg	(falta) de /ou procedimento (inadequado) para emerg	X	X	X	X	O	O	Avaliar o procedimento de emergência	... Isso é improvável de acontecer aqui...	Superv Produção
Pessoal envolvido :		Preparado por: Salvador Ávila	Data :		Aprovado por : #/O—operação;#/P—processo;#/G—gerenciam.						

Anexo 5E - Descrição dos Cenários

ANEXO 5E - DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS	
Desenho simplificado	Cenário : Furo em trocadores de calor
 FIG. 8.8 TROCADOR DE ESPELHOS FIXOS  FIG. 8.9 FLUXOS NO CASCO E NO TUBO	Refs : Manual de Trocadores para Operação pela Processu - Consultoria Descrição : Os trocadores de calor são equipamentos industriais destinados a aquecer, esfriar, vaporizar ou condensar fluidos, utilizando para isso outros fluidos. Os trocadores podem ter formas variadas, mas geralmente são constituídos de um casco, por onde passa um fluido e de tubos por onde passa outro fluido. Nos trocadores de calor também podem ocorrer reações químicas. O tipo de construção do trocador, o tempo de operação, a natureza do fluido (sujo, corrosivo) e as propriedades do fluido influenciam na troca térmica e na estabilidade das partes mecânicas do trocador. Para a escolha de um trocador apropriado para o serviço é importante a especificação do material dos tubos e do casco. R/Condições severas - por natureza serviços rigorosos e onde se deseja obter a segurança; C/Condições moderadas - máxima economia

		e o mínimo tamanho; A/Condições severas de temperatura e fluidos altamente corrosivos. Os vazamentos através de furos e falhas normalmente ocorrem nos seguintes lugares : junção tubo/espelho fixo, J espelho flut./tampa do flut., Junção tubos/espelho flutuante, paredes dos tubos.			
Aspectos Tecnológicos	Conhecimento da Equipe	Procedimento Operacional	Aspectos de Manutenção	Diretrizes Gerenciais	Disposição Final
Material dos tubos e do casco Tipo do Trocador Condições de processo	Limitações do trocador Alinhamentos e cuidados na partida Acompanhamento na montagem de trocador Importância das Utilidades Diferenciar as mudanças de processo e efeitos em relação ao projeto original	Partida e parada de planta vs operação com trocadores Parada de Emergência vs operação com trocadores Liberação de trocador para manutenção	Desmontagem Montagem Colocação de juntas adequadas Inspeção de trocadores e comparação com água, vapor e fluido de processo	Furo de trocador não é uma ocorrência normal Disponibilizar trocadores res. para substituição dos críticos	DQO e MS no efluente orgânico Incineração
Fatores Sinérgicos	Mudança no processo - carga aumentada, temperatura mais alta do fluido de processo, vapor mais superaquecido, são fatores que afetam diretamente a performance do trocador - principalmente presença de material corrosivo, erosivo ou choque de temperatura. Falta de inspeção e ação - o não registro do histórico e a falta das preventivas pioram a situação			Participantes : Salvador Ávila e Luiz Santos Responsável : Salvador Ávila Data :21/02/99	

Rotinas Limpas nas Operações das Indústrias

7. ANEXOS

7.6 Anexo 6 - Planilhas ENVOP - Cenários

Este material não está disponível em meio digital